

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra dopravního stavitelství

Interakce okružní a světelně řízené křižovatky

Interaction of Roundabout and Signalized Intersection

Student:

Lukáš Valeček

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra dopravního stavebnictví

Zadání bakalářské práce

Student:

Lukáš Valcěk

Studijní program:

B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3607R042 Dopravní inženýrství

Téma:

Interakce okružní a světelně řízené křižovatky
Interaction of Roundabout and Signalized Intersection

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Cílem práce je vytvoření simulačního modelu dvou blízkých křižovatek. První křižovatka bude okružní křižovatka a druhá bude řízena světelným signalizačním zařízením. Bude proveden vlastní výběr dvou skutečných křižovatek splňující výše uvedenou podmínku a dále budou provedeny potřebné dopravní průzkumy, kapacitní výpočty a videanalýza konfliktních situací. Na základě těchto dat bude vytvořen model v software PTV VISSIM, na kterém budou posouzeny různé možnosti organizace a řízení provozu. Závěrem bude navrženo vhodné řešení úprav na sledovaných křižovatkách s ohledem na plynulost a bezpečnost dopravy.

Osnova:

1. Úvod
2. Vytváření vhodné dvojice křižovatek splňujících zadání
3. Provedení potřebných dopravních průzkumů a popis lokality
4. Kapacitní výpočty
5. Videanalýza konfliktních situací
6. Vytvoření modelu a simulací v software PTV VISSIM
7. Návrh vhodného řešení organizace a řízení provozu
8. Zhodnocení a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Technické podmínky TP 81 – Zásady pro navrhování světelných signalizačních zařízení na pozemních komunikacích. 2. vyd., Brno: Centrum dopravního průzkumu Brno, 2006, 124 s. ISBN 80-86502-30-9

Technické podmínky TP 135 – Projektování okružních křižovatek na síťových a místních komunikacích. Ostrava: V-prjekt, Ministerstvo dopravy ČR, 2005

PTV VISION – VISSIM 5.20 User Manual

Folprecht, Jan; Křívda, Vladislav. *Organizace a řízení dopravy I*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006, 158 s. ISBN 80-248-1020-1

Křívda, Vladislav. *Organizace a řízení dopravy II*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009, 154 s. ISBN 978-80-248-2123-8

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.**

Datum zadání: 29.10.2010

Datum odevzdání: 02.05.2011



doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Darja Kubečková Skulinová, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že se s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákonů o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

.....

Podpis studenta

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VALEČEK, L.: Interakce okružní a světelně řízené křižovatky, Fakulta stavební, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011. Bakalářská práce, vedoucí: Křivda, V.

Cílem bakalářské práce je vytvoření simulačního modelu dvou blízkých křižovatek podle vlastního uvážení výběru. Jedna křižovatka bude okružní a druhá bude řízena světelným signalizačním zařízením. První část práce obsahuje popis a charakteristiku vybrané lokality.

V dalších částech jsou vyhodnoceny dopravní průzkumy, kapacitní výpočty a analyzovány konfliktní situace. Na závěr je vytvořena simulace v programu PTV VISSIM a navrženy vhodné řešení organizace a řízení provozu, které jsou nakonec zhodnoceny.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

VALEČEK, L.: Interaction of Roundabout and Signalized Intersection, Faculty of Civil Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2011. Bachelor Thesis, head: Křivda, V.

The aim of this work is a simulation model of two nearby intersections own a deliberate choice. The first intersection will be roundabout and the second will be controlled by lights. The first part contains the description and characterization of selected sites. In the next sections will be evaluated traffic surveys, capacitance calculations and analyzed the conflict situation. And the end will be created simulation program PTV VISSIM and proposed appropriate solutions to the organization and management, which will be ultimately evaluated.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

1.	ÚVOD	1
2.	VYTIPOVÁNÍ VHODNÉ DVOJICE KŘÍŽOVATEK SPLŇUJÍCÍCH ZADÁNÍ	2
3.	PROVEDENÍ POTŘEBNÝCH DOPRAVNÍCH PRŮZKUMŮ A POPIS LOKALITY	7
3.1	DOPRAVNÍ PRŮZKUMY	7
3.2	OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKA 30. DUBNA x SOKOLSKÁ TŘÍDA	8
3.3	KŘÍŽOVATKA ČESKOBRAVSKÁ x SOKOLSKÁ TŘÍDA	13
3.4	POPIS LOKALITY	15
4.	KAPACITNÍ VÝPOČTY	18
4.1	OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKA 30. DUBNA x SOKOLSKÁ TŘÍDA	18
4.2	KŘÍŽOVATKA ČESKOBRAVSKÁ x SOKOLSKÁ TŘÍDA	20
5.	VIDEOANALÝZA KONFLIKTNÍCH SITUACÍ	22
5.1	DOPRAVNÍ NEHODY	22
5.2	KONFLIKTNÍ SITUACE – FOLPRECHTOVA VIDEOANALÝZA	22
5.3	POPIS A ZNAČENÍ KONFLIKTNÍCH SITUACÍ	23
5.4	KONFLIKTNÍ SITUACE V ÚSEKU SOKOLSKÁ TŘ. x ČESKOBRAVSKÁ	25
5.4.1	OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKA 30. DUBNA x SOKOLSKÁ TŘÍDA	25
5.4.2	KŘÍŽOVATKA ČESKOBRAVSKÁ x SOKOLSKÁ TŘÍDA	30
6.	VYTVOŘENÍ MODELU A SIMULACÍ V SOFTWARE PTV VISSIM	34
6.1	FUKČNOST A SMĚROVÁNÍ VOZIDEL	34
6.2	PŘIBLÍŽENÍ POSTUPU PRACÍ	35
7.	NÁVRH VHODNÉHO ŘEŠENÍ ORGANIZACE A ŘÍZENÍ PROVOZU	38
7.1	NÁVRH ŘEŠENÍ – VARIANTA 1:	38
7.1.1	VÝPOČET MEZÍČASŮ POMOCÍ PROGRAMU EXCEL	44
7.2	NÁVRH ŘEŠENÍ – VARIANTA 2:	47
7.3	NÁVRH ŘEŠENÍ – VARIANTA 3:	47
8.	ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR	48
8.1	ZHODNOCENÍ NÁVRHU ŘEŠENÍ – VARIANTA 1:	48
8.2	ZHODNOCENÍ NÁVRHU ŘEŠENÍ – VARIANTA 2:	48
8.3	ZHODNOCENÍ NÁVRHU ŘEŠENÍ – VARIANTA 3:	48
8.4	ZÁVĚR	49
9.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
10.	SEZNAM OBRÁZKŮ	53
11.	SEZNAM TABULEK	54
12.	SEZNAM PŘÍLOH	55

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

KS	konfliktní situace
SSZ	světelné signalizační zařízení
MHD	městská hromadná doprava
EkF	ekonomická fakulta
j.v/h	jednotkových vozidel za hodinu
KS/h	konfliktních situací za hodinu
TP	technické podmínky

1. Úvod

Doprava je jednou z nejstarších činností člověka, která výrazně přispěla k rozvoji společnosti, osídlení, státu, národního hospodářství, kultury, osobností a vnitřní politiky. Neoddiskutovatelná je potřeba přemístění ve všech fázích vývoje lidské společnosti. Rozvoj dopravy se odvíjel od úrovně společenských potřeb [1]. Doprava a její úroveň měla v dějinách velký význam i pro rozmístění vznikajících sídlišť a jejich růst i rozvoj celých oblastí. Města vznikala na křižovatkách obchodních cest. Města vznikla z jiných důvodů bylo nutno vhodným druhem dopravy propojit s ostatním územím [1].

Když v roce 1908 vznikla první výrobní linka na sériovou výrobu osobních automobilů v Detroitu, nastávaly problémy vyvolané automobilovou dopravou v hustých městských uličních sítích. Vyvolávaly potřebu vzniku odborné disciplíny, která by pomohla na základě ucelené teorie zmíněné problémy řešit. Tato odborná disciplína se nazývá „dopravní inženýrství“. Dopravní inženýrství vzniklo ve Spojených státech amerických v první polovině dvacátého století. Spolu s tímto oborem je spjata i organizace a řízení dopravy. Organizace a řízení dopravy se zabývá organizací a řízením provozu a to silničních a městských komunikací.

Podstatou této bakalářské práce bylo vhodně vybrat dvě blízké křižovatky, které se navzájem ovlivňují. První křižovatka je okružní a druhá je řízena světelným signalizačním zařízením.

Práce se skládá z několika částí. První část obsahuje popis vybrané lokality, provedené dopravní průzkumy a kapacitní výpočty. Druhá část je zaměřena na videoanalýzu konfliktních situací. V části třetí se snažím pomocí softwaru PTV VISSIM vytvořit modely a simulace vhodných řešení organizace a řízení provozu.

V mé bakalářské práci bych chtěl dosáhnout větší plynulosti dopravního proudu a tím zamezit kongescím, ke kterým zde často dochází v době dopravní špičky.

2. Vytipování vhodné dvojice křižovatek splňujících zadání

Prvotním úkolem této práce bylo vhodně vybrat řešenou oblast. Nejdříve jsem se zaměřil na město Ostravu, ale po delším hledání jsem zjistil, že mnoho oblastí k vytipování se zde nenachází. Proto jsem se poohlédl po Moravskoslezském kraji a poté i celé České republice, konkrétně po větších městech.

V následující kapitole budou mnou vybrané oblasti popsány a seřazeny chronologicky od nejméně závažné, až po oblast, kterou jsem si vytipoval pro mou bakalářskou práci.

2.1. Vybrané oblasti

Karviná – úsek ulice 17. listopadu a ulice Kosmonautů. Vzdálenost úseku je cca 350 m, který je dle mého názoru nejméně rizikový ze všech možností, ale i tak, je tady pravděpodobnost ovlivnění okružní křižovatky přechody pro chodce a křižovatkou řízenou světelně signalizačním zařízením.



Obrázek č. 1: Mapa úseku ulice 17. listopadu a ulice Kosmonautů

Havířov – úsek ulice Dělnické x U skleníků. Délka je asi 300 m, takže i přes možnost ovlivnění okružní křižovatky, křižovatkou řízenou světelně signalizačním zařízením, ji řadím mezi méně rizikovou.



Obrázek č. 2: Mapa úseku ulice Dělnické x U skleníků

Olomouc – úsek ulice Tř. kosmonautů x Vejdovského. Délka je asi 240 m



Obrázek č. 3: Mapa úseku ulice Tř. kosmonautů x Vejdovského

Olomouc – úsek ulice Kafkova x Brněnská. Délka je asi 140 m. I přes asi nejblíže vzdálenost mezi vytipovanými úseky, nemohu tento úsek zařadit výše. Důvodem je dle mého názoru menší intenzita dopravy během celého dne.

Kolín - úsek ulice Jaselská x Žižkova. Na tomto úseku délky asi 220 m je možné ovlivnění při větší intenzitě dopravního proudu, jednak přechodem pro chodce a hlavně křižovatkou řízenou světelně signalizačním zařízením.



Obrázek č. 4: Mapa úseku ulice Jaselská x Žižkova

Ostrava – úsek ulice 17. listopadu x Bedřicha Nikodéma. Tento úsek délky 100 m už lze zařadit mezi ty rizikovější, a to z důvodu větší intenzity vozidel ve špičkovou hodinu. Vozidla bývají omezována světelně řízeným přechodem pro chodce.



Obrázek č. 5: Mapa úseku ulice 17. listopadu x Bedřicha Nikodéma

Praha – Chodov. Dva úseky délky přibližně 190 m, velká intenzita vozidel.



Obrázek č. 6: Mapa Praha - Chodov

Ostrava – Sokolská třída x Českobratrská. Úsek délky cca 190 m, velká intenzita dopravy. Jedná se zde o velice problematický úsek ovlivňovaný přechody pro chodce, ale hlavně světelně řízenou křižovatkou. Dochází zde ke značnému zpomalení, až k zastavení dopravního proudu. Jsem přesvědčen, že tento úsek se zdá být vhodným pro mou bakalářskou práci a z toho důvodu ho budu řešit. Další fotografie viz příloha č. 1.



Obrázek č. 7a: Řešený úsek Sokolská třída mezi ulicí 30. dubna a Českobratrskou



Obrázek č. 7b: Detail řešeného úseku Sokolská třída mezi ulicí 30. dubna a Českobratrskou

3. Provedení potřebných dopravních průzkumů a popis lokality

3.1. Dopravní průzkumy

Dopravní průzkum je souhrn činností, kterými zjišťujeme informace o silniční nebo jiné dopravě a dopravních zařízeních. Má získat podklady pro dopravní plánování, projektování a modernizaci dopravních sítí a zařízení, jakož i pro návrh zlepšení provozních poměrů na existujících sítích nebo dopravních zařízeních z hlediska bezpečnosti, plynulosti, pohodlí, hospodárnosti dopravy a jejích důsledků na životní prostředí.[1]

Při dopravních průzkumech sledujeme mimo jiné také skladbu dopravního proudu. Skladbou dopravního proudu rozumíme zastoupení jednotlivých druhů dopravních prostředků v dopravním proudu. Dopravní prostředky, pro účely dopravního průzkumu a jeho následné vyhodnocování, dělíme do jednotlivých skupin především podle potřeby průzkumu či kapacitního výpočtu.[2]

Stejnorodé složení dopravního proudu v silničním provozu je problém vyskytující se především v případech, kdy je zapotřebí co nej přesněji určit kapacitu sledovaní pozemní komunikace, křižovatky atp. Touto problematikou se zabývají odborníci již mnoho let, lze říci, desítek let. Vlastnosti dopravních prostředků (rozměrové, jízdní, atd.), vyskytujících se v dopravním proudu, se však stále mění (některé z nich zdokonalují) a je tedy třeba se tímto problémem stále zabývat a potřebné propočty upřesňovat.[2]

Při kapacitních výpočtech je přínosné a výpočet zjednodušující, máme-li sledovaný dopravní proud pokud možno stejného složení. To samozřejmě v běžném provozu (až na výjimky) není reálné, a tudíž se používá přepočtů vozidel na tzv. „jednotková vozidla“. Jednotkové vozidlo je tedy srovnávací výpočetní jednotka, vyjadřující vliv různých druhů vozidel v dopravním proudu. Jinak řečeno, jednotkové vozidlo vyjadřuje průměrný osobní automobil s jeho průměrnými rozměry a pohybovými možnostmi, charakterizovanými hodnotami zrychlení, zpomalení, průběhy rychlostí apod. a s jeho prostorovými potřebami. Ostatní druhy vozidel jsou určeny porovnávacími, přepočítávacími koeficienty, které charakterizují rozdíl mezi prostorovými a pohybovými možnostmi ostatních automobilů

a dalších druhů vozidel. Přepočtový koeficient tedy určuje, kolika osobním vozidlům odpovídá vozidlo jiného druhu [2]. V tabulce 1 jsou doporučené přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu dle TP 188.

Tab. 1: Doporučené přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu dle TP 188

Typ křižovatky	Jízdní kola	Motocykly	Osobní vozidla	Nákladní vozidla, autobusy	Nákladní soupravy, kloubové autobusy
Průměrné a stykové	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0

3.2. Okružní křižovatka 30. dubna x Sokolská třída

Okružní křižovatka je druh úrovnňové křižovatky, která má okružní jízdní pás ve tvaru mezikruží, nebo ve tvaru jemu blízkém, na níž je silniční provoz veden jednosměrným objezdem kolem středového ostrova proti směru hodinových ručiček od vjezdu ke zvolenému výjezdu. Její vnější průměr $D > 23$ m a jeho rozměr je závislý na počtu připojených větví křižujících komunikací, které jsou napojeny na okružní jízdní pás a na způsobu připojení vjezdů (stykové připojení, připojovací pruh) i na místních možnostech připojení komunikací na okružní jízdní pás.[3]

Dopravní průzkumy se provádějí v rozsahu potřebném pro následný návrh geometrického tvaru okružní křižovatky a pro stanovení výhledové intenzity dopravních proudů křižujících se komunikací, a skladby jednotlivých dopravních proudů včetně cyklistů a chodců.[3]

Součástí dopravních průzkumů je sčítání dopravy na křižujících se komunikacích, které se provádí jako směrové (křižovatkové) nebo profilové sčítání. Při dopravní intenzitě vjezdu do okružní křižovatky větší než 25.000 voz/24h, je nutno provést i sčítání dopravy v 15minutových intervalech v denní dopravní špičce.[3]

Pojmy:

Středový ostrov

Středový ostrov je kruhová nebo kruhu blízká fyzická nebo optická překážka sloužící k usměrnění pohybu vozidel po okružním jízdním pásu křižovatky proti směru hodinových ručiček. Součástí středového ostrova je i prstenec, jímž se v některých případech lemuje okraj středového ostrova [3].

Prstenec

Prstenec je zpevněná část vnějšího okraje středového ostrova u okružní křižovatky o vnějším průměru $D < 50$ m. Prstenec se navrhuje tak, aby mohl být ojediněle pojížděn zejména rozměrnými vozidly [3].

Okružní jízdní pás křižovatky

Okružní jízdní pás křižovatky je jízdní pás v šířce zpevnění vozovky okolo středového ostrova [3].

Vjezd

Vjezd je jízdní pruh nebo pás křižující komunikace, ze kterého se vyjíždí na okružní jízdní pás křižovatky [3].

Výjezd

Výjezd je jízdní pruh nebo pás křižující komunikace, kterým vozidla vyjíždějí z okružního jízdního pásu křižovatky [3].

Dělicí pás

Dělicí pás je plocha ohraničená fyzicky nebo opticky vůči přilehlým dopravním pruhům, která na křižující komunikaci křižovatky odděluje jízdní pásy v délce nad 25 m od okružního jízdního pásu křižovatky [3].

Směrovací ostrůvek

Směrovací ostrůvek je plocha ohraničená na všech stranách fyzicky nebo opticky vůči přilehlým jízdním pruhům, která odděluje a usměrňuje dopravní proud vozidel vyjíždějících na okružní jízdní pás od dopravního proudu vozidel z něj vyjíždějících [3].

Dělicí ostrůvek

Dělicí ostrůvek je plocha ohraničená na všech stranách fyzicky nebo opticky vůči přilehlým jízdním pruhům. Dělicí ostrůvek se umísťuje mezi protisměrnými jízdními pruhy/pásy v délce 5 – 25 m a tvoří zpomalovací (retardační) prvek před vjezdem do křižovatky. Slouží také ke zdvojenému osazení svislých dopravních značek, popřípadě i jako ochranný ostrůvek pokud je využíván pro přechod pěších [3].

Vnější průměr okružní křižovatky

Vnější průměr okružní křižovatky je průměr kružnice, kterou lze vepsat mezi vnější stavební ohraničení okružního jízdního pásu křižovatky [3].

Vnitřní průměr okružní křižovatky

Vnitřní průměr okružní křižovatky je průměr středového ostrova (včetně případného prstence) okružní křižovatky [3].

Kolizní body

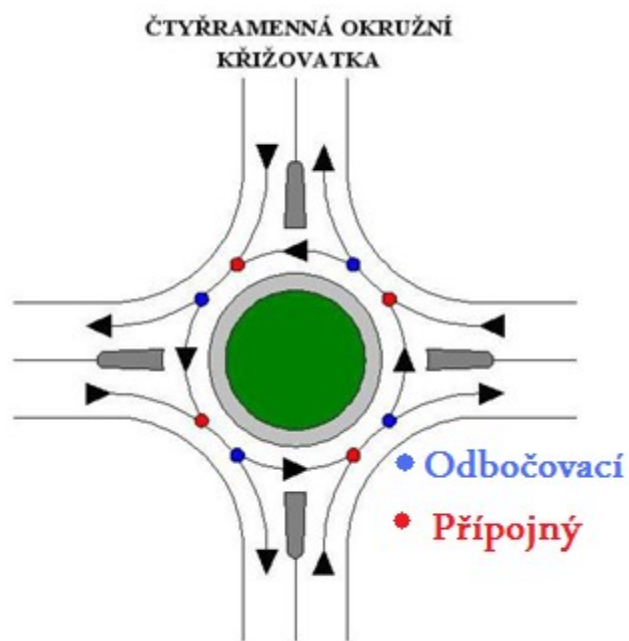
Kolizní body jsou průsečíky trajektorií možných vozidlových proudů [4].

U okružní křižovatky s jednopruhovým okružním pásem, jednopruhovým vjezdem a výjezdem, která má čtyři ramena, je počet kolizních bodů roven osmi.

Kolizní body lze rozdělovat na:

odbočovací (v obr. č. 8 vyznačeny modrou barvou),

přípojný (v obr. č. 8 vyznačeny červenou barvou).

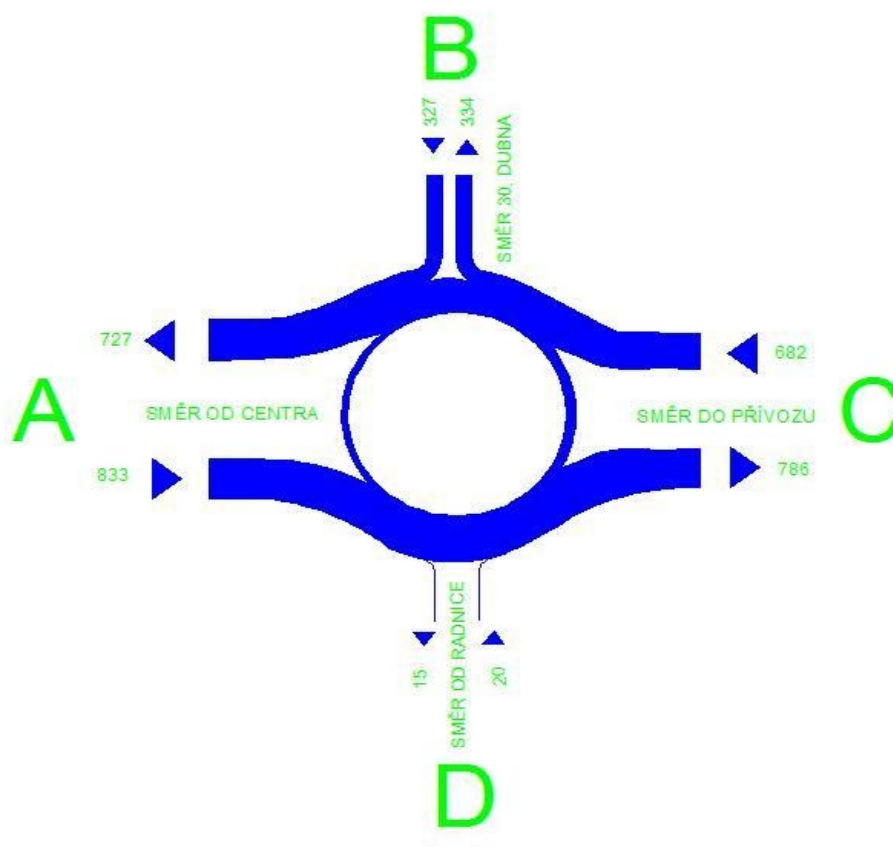


Obrázek č. 8: Kolizní body okružní křižovatky

Sledování zkoumané okružní křižovatky 30. dubna x Sokolská třída probíhalo z jednoho místa, a to z radnice města Ostravy. Měření se konalo ve středu 13. 10. 2010 v době od 14:00 do 16:00. Celková doba sčítání tedy byla 2 hodiny. Počasí bylo polojasné až slunečné a teplota se pohybovala kolem $+10^{\circ}\text{C}$. Během měření byly rozlišovány osobní automobily, střední a těžká vozidla, autobusy, 3 nápravové autobusy, motocykly a jízdní kola. Poté byly všechny hodnoty přepočteny podle koeficientů (tab. 1) na jednotková vozidla.

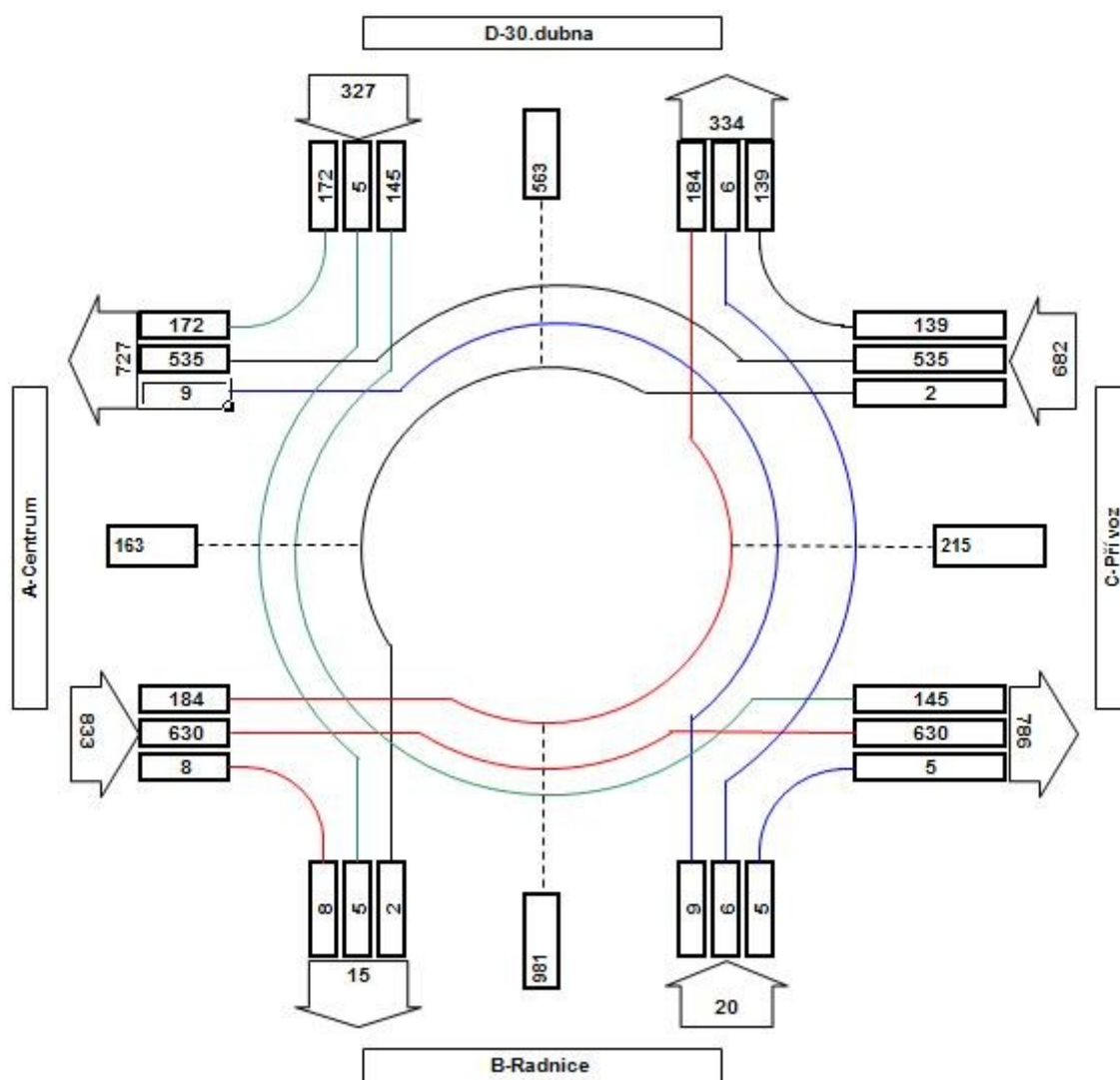
Na základě směrových dopravních průzkumů a průzkumů intenzit dopravních proudů byly sestaveny výsledky nejen do tabelární podoby, ale také vhodně do grafické podoby, která je zároveň přehlednější a názornější. Ke zpracování naměřených dat nám slouží tzv. kartogramy a pentlogramy [1].

Pentlogram (obr. 9) je druh grafického zpracování a udává vytížení jednotlivých dopravních proudů.



Obrázek č. 9: Pentlogram křižovatky 30. dubna x Sokolská třída

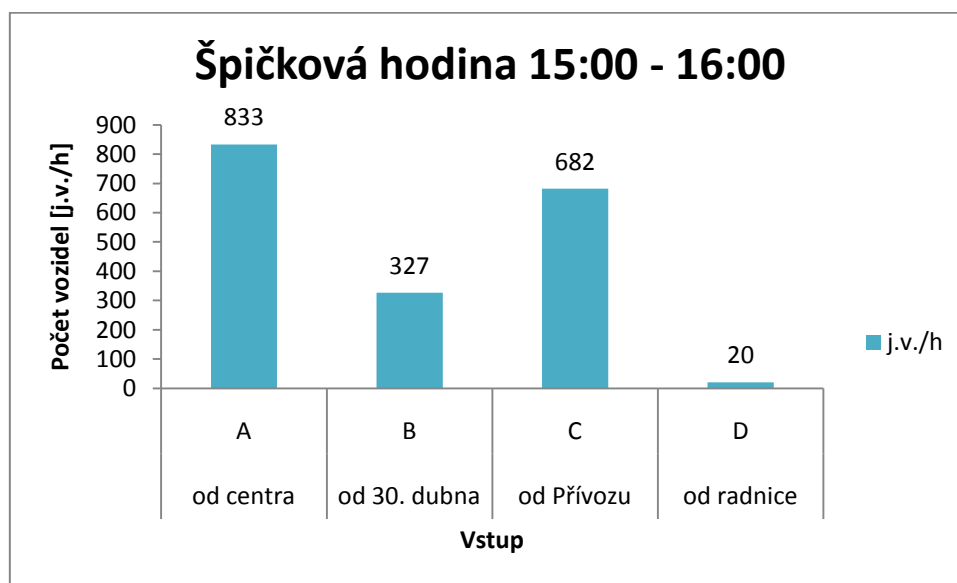
Z kartogramu (obr. 10) je možno vyčíst všechny možné využitelné směry, které si mohou všichni účastníci silničního provozu vybrat a intenzity jednotlivých vstupů a výstupů do křižovatky a také celkový vstup do křižovatky, který je ve špičkové hodině 1862 j.v./h.



Obrázek č. 10: Kartogram křižovatky 30. dubna x Sokolská třída

Tab. 2: Intenzity dopravy ve špičkovou hodinu v křižovatce 30. dubna x Sokolská třída

Vjezd	Označení vstupu	j.v./h
od centra	A	833
od 30. dubna	B	327
od Přívozu	C	682
od Radnice	D	20
Celkem		1862

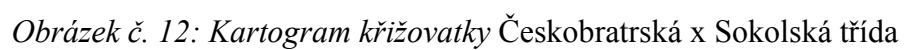


Obrázek č. 11: Graf intenzity dopravy v křižovatce 30. Dubna x Sokolská třída ve špičkové hodině

3.3. Křižovatka Českobratrská x Sokolská třída

Křižovatka je místo v němž se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protínají nebo stýkají, a alespoň dvě z nich jsou vzájemně propojeny.

Sledování zkoumané křižovatky Českobratrská x Sokolská třída probíhalo z jednoho místa a to z balkónu domu umístěného v těsné blízkosti křižovatky. Měření se konalo ve středu 13. 10. 2010 v době od 14:00 do 16:00. Celková doba sčítání tedy byla 2 hodiny. Počasí bylo polojasné až slunečné a teplota se pohybovala kolem + 10°C. Během měření byly rozlišovány osobní automobily, střední a těžká vozidla, autobusy, 3 nápravové autobusy, motocykly a jízdní kola. Poté byly všechny hodnoty přepočteny podle koeficientů (tab. 1) na jednotkovou vozidla. Byla sečtena špičková hodina, která činí 2920 j.v./h.



3.4. Popis lokality

Cílem práce je návrh úprav organizace a řízení provozu dvou zvolených křižovatek na Sokolské třídě v Ostravě na frekventovaném úseku od ulice 30. dubna po ulici Českobratrskou tak, aby nedocházelo k vzájemnému ovlivňování, tudíž k zajištění plynulosti dopravního proudu a bezpečnosti všech účastníků provozu, včetně chodců na přechodech, kteří jsou nejvíce zranitelnými účastníky provozu. Úpravy jsou zaměřeny především na okružní křižovatku. Nejčastější příčinou nehod chodců je nedání přednosti chodci, přecházejícímu přes komunikaci. V době špičky je zde provoz značně zpomalen díky velké hustotě dopravního proudu, malé vzdálenosti křižovatek, ale také vyšším počtem chodců přecházejících přes komunikaci. Nemalý vliv na zpomalení dopravy tady může hrát i fakt, že křižovatka Sokolské třídy s ulicí 30. dubna je řešena jako okružní. Poměrně často zde dochází k situacím, kdy je řidič donucen zastavit vozidlo v křižovatce a tím vznikají konfliktní situace, které budu analyzovat a posléze řešit z mého vlastního dvouhodinového videozáznamu. Pomocí videozáznamu si mohu přenést reálné dopravní situace z rušného prostředí ulice do klidného domácího prostředí. Zde si mohu videozáznam zpomalit, zrychlit, zastavit, ale také vrátit. Značnou výhodou je, že z něj můžeme odečíst veškerá nezbytná data, která jsou potřebná pro výpočet intenzit, ale také k vyhodnocování konfliktních situací.

Řešená oblast Sokolské třídy (viz příloha 1) se nachází na severním okraji centra města Ostravy. Je klasickou městskou komunikací, v jejíž blízkosti se nachází občanská vybavenost (obchody, knihovna, restaurační zařízení a další), ale také jsou zde umístěny poměrně frekventované zastávky městské hromadné dopravy. Jezdí zde trolejbusové linky č. 101, 102, 103 a 106 a autobusové linky 78 a 99.

Ulice Sokolská je místní komunikací I. třídy s vysokou intenzitou dopravy, kdy ve špičkovou hodinu dosahuje intenzita vozidel v místě okružní křižovatky téměř 1900 vozidel a 800 chodců. Ulice má svůj počátek u silnice 1. třídy I/56 Hlučínská, dále pokračuje přes okružní křižovatku, kde se napojuje na místní komunikaci 2. třídy 30. dubna vedoucí k hlavnímu nádraží. V opačném směru se nachází vjezd na Prokešovo náměstí a Magistrát města Ostravy. Na jižním konci se křížuje se silnicí 2. třídy II/479 Českobratrská, která propojuje centrum se Slezskou Ostravou a silnicí 2. třídy II/477 ulice Bohumínská (napojení na Bohumín a Havířov).

Okružní křižovatka Sokolská třída x 30. dubna je neřízená. Má vjezdy i výjezdy jednopruhé šířek 6,5 m, vnější průměr 32 metrů, část středního ostrova 14 m a prstenec šířky 2 m. Okružní pás pro průjezd vozidel je šířky 6 m (8 m když vezmeme v úvahu pojíždění prstence).

Křižovatka Českobratrská x Sokolská třída je řízena pomocí světelně signalizačního zařízení. Směr od Přívozu má třípruhový vjezd. Levý a střední pruh (pro jízdu přímo a vlevo) mají šířku 3,5 m. Pravý jízdní pruh je samostatný pro odbočení vpravo šířky 4 m. Směr od centra do Přívozu má dvoupruhový vjezd. Pravý jízdní pruh je společný pro směr přímo a doprava šířky 4 m. Levý jízdní pruh je odsunut oproti pravému o 4 m z důvodu zvětšení poloměru zatáčení pro autobusy, trolejbusy a nákladní vozidla (viz obr. příloha). Šířka pruhu 4 m. Ve směru od ulice Bohumínská je řadící prostor složen ze tří pruhů. Pruhy ve směru vpravo a vlevo mají šířku 3 m a směr rovně 3,5 m. Poslední řadící prostor je ve směru od ulice Cihelní. Jedná se o třípruhový vjezd, kde jsou pruhy pro směr vlevo a rovně samostatné šířky 3 m. Pravý pruh je sdružený pro směr jízdy rovně a vpravo šířky 3,5 m.

Problematický úsek místní komunikace Sokolská třída mezi ulicemi 30. dubna a Českobratrskou má délku okolo 143 m. Kdybychom vzali k řešenímu úseku i řazení do jízdních pruhů za oběma křižovatkami, dostali bychom se na délku přibližně 355 m. Šířky komunikací se pohybují v hodnotách 15,5 – 16,5 m. V místě zastávky MHD směr Přívoz je šířka komunikace 14 m a zastávkový pruh 3 m, délky 65 m. V řešené oblasti se nachází 7 přechodů pro chodce. Tři z nich jsou v blízkosti okružní křižovatky, z toho dva šířky 7,5 m a jeden 4 m. Ze zbývajících čtyř přechodů na křižovatce Českobratrská x Sokolská třída jsou tři šířky 4 m a jeden 5 m.



Obrázek č. 13: Mapa řešeného úseku Sokolská třída mezi ulicí 30. dubna a Českobratrskou



Obrázek č. 14: Okružní křižovatka 30. Dubna x Sokolská třída (stávající stav)



Obrázek č. 15: Křižovatka Českobratrská x Sokolská třída (stávající stav)

4. Kapacitní výpočty

4.1. Okružní křižovatka 30. dubna x Sokolská třída

Výpočet kapacity křižovatky podle Brilona a Stuweho :

Určení M_x pro jednotlivé vjezdy:

(1)

$$M_A = I_{DB} + I_{DC} + I_{DD} + I_{BB} + I_{CB} + I_{CC}$$

$$M_B = I_{AC} + I_{AD} + I_{AA} + I_{CC} + I_{DC} + I_{DD}$$

$$M_C = I_{AD} + I_{AA} + I_{BD} + I_{BA} + I_{BB} + I_{DD}$$

$$M_D = I_{AA} + I_{BA} + I_{BB} + I_{CA} + I_{CB} + I_{CC}$$

kde:

M_x – intenzita dopravního proudu na okružním páse těsně před vjezdem [j.v./h]. [5]

Intenzita:

$$M_A = 5 + 145 + 5 + 0 + 2 + 6 = \underline{\underline{163 \text{ j.v./h}}}$$

$$M_B = 630 + 184 + 11 + 6 + 145 + 5 = \underline{\underline{981 \text{ j.v./h}}}$$

$$M_C = 184 + 11 + 6 + 9 + 0 + 5 = \underline{\underline{215 \text{ j.v./h}}}$$

$$M_D = 11 + 9 + 0 + 535 + 2 + 5 = \underline{\underline{563 \text{ j.v./h}}}$$

Tab. 3: Koeficienty A, B pro výpočet kapacity vjezdu [5]

Počet pruhů		Koeficient	
vjezd	okruh	A [-]	B [-]
1	1	1089	7,42
1	2-3	1200	7,38
2	2	1553	6,69
2	3	2018	6,68

Tab. 4: Největší intenzity vozidel

[j.v./h]	do A	do B	do C	do D	Součet
z A	11	8	630	184	833
z B	9	X	5	6	20
z C	535	2	6	139	682
z D	172	5	145	5	327
Součet	727	15	786	334	1862

Kapacita jednotlivých vjezdů:

$$C_A = A \cdot e^{\left(\frac{-B \cdot M}{10000}\right)} = 1089 \cdot e^{\left(\frac{-7,42 \cdot 163}{10000}\right)} = \underline{\underline{964,94 \text{ j.v./h}}} \quad (2)$$

$$C_B = A \cdot e^{\left(\frac{-B \cdot M}{10000}\right)} = 1089 \cdot e^{\left(\frac{-7,42 \cdot 981}{10000}\right)} = \underline{\underline{525,9 \text{ j.v./h}}}$$

$$C_C = A \cdot e^{\left(\frac{-B \cdot M}{10000}\right)} = 1089 \cdot e^{\left(\frac{-7,42 \cdot 215}{10000}\right)} = \underline{\underline{928,42 \text{ j.v./h}}}$$

$$C_D = A \cdot e^{\left(\frac{-B \cdot M}{10000}\right)} = 1089 \cdot e^{\left(\frac{-7,42 \cdot 563}{10000}\right)} = \underline{\underline{717,14 \text{ j.v./h}}}$$

kde:

A, B – koeficienty stanovené regresní analýzou z měřených dat [-].[5]

e [-].....Eulerovo číslo

Rezerva:

$$R_A = C_A - I_A = 965 - 833 = \underline{\underline{132 \text{ j.v./h , 14 \%}}} \quad (3)$$

$$R_B = C_B - I_B = 526 - 20 = \underline{\underline{506 \text{ j.v./h , 96 \%}}}$$

$$R_C = C_C - I_C = 929 - 682 = \underline{\underline{247 \text{ j.v./h , 27 \%}}}$$

$$R_D = C_D - I_D = 818 - 327 = \underline{\underline{491 \text{ j.v./h , 60 \%}}}$$

R_A - rezerva pro rameno A

I_A - intenzita vozidel jedoucích z ramene A

C_A - kapacita vjezdu A

4.2. Křižovatka Českobratrská x Sokolská třída

Výpočet kapacity křižovatky: [4]

$$K = S \cdot \frac{z'}{c} \quad [\text{j.v./h}] \quad (4)$$

kde: - S – základní saturevaný tok řadícího pruhu (dáno dle TP81, tj. 1900 [j.v./h])
- z' – délka efektivní zelené [s]
- c – délka cyklu [s]

Vjezd směr Prokešovo náměstí:

Směr vpravo:

$$K = 1900 \cdot \frac{23}{107} = \underline{\underline{408 \text{ j.v./h}}}$$

Směr vlevo:

$$K = 1900 \cdot \frac{23}{107} = \underline{\underline{408 \text{ j.v./h}}}$$

Směr rovně:

$$K = 1900 \cdot \frac{23}{107} = \underline{\underline{408 \text{ j.v./h}}}$$

Vjezd směr ul. Cihelní:

Směr vpravo:

$$K = 1900 \cdot \frac{39}{107} = \underline{\underline{639 \text{ j.v./h}}}$$

Směr vlevo:

$$K = 1900 \cdot \frac{16}{107} = \underline{\underline{284 \text{ j.v./h}}}$$

Směr rovně:

$$K = 1900 \cdot \frac{39}{107} = \underline{\underline{639 \text{ j.v./h}}}$$

Vjezd směr EkF:

Směr vpravo:

$$K = 1900 \cdot \frac{31}{107} = \underline{\underline{550 \text{ j.v./h}}}$$

Směr vlevo:

$$K = 1900 \cdot \frac{18}{107} = \underline{\underline{320 \text{ j.v./h}}}$$

Směr rovně:

$$K = 1900 \cdot \frac{18}{107} = \underline{\underline{320 \text{ j.v./h}}}$$

Směr rovně:

$$K = 1900 \cdot \frac{23}{107} = \underline{\underline{408 \text{ j.v./h}}}$$

Vjezd směr ul. Bohumínská:

Směr vpravo:

$$K = 1900 \cdot \frac{48}{107} = \underline{\underline{852 \text{ j.v./h}}}$$

Směr vlevo:

$$K = 1900 \cdot \frac{9}{107} = \underline{\underline{160 \text{ j.v./h}}}$$

Rezerva:

$$R = K - I [\%], [\text{j.v./h}] \quad (5)$$

R - rezerva pro určitý směr, I - intenzita vozidel, K - kapacita vjezdu

směr Prokešovo náměstí:

$$R_{\text{vpravo}} = K - I = 408 - 133 = \underline{\underline{275 \text{ j.v./h} , 68\%}}$$

$$R_{\text{vlevo}} = K - I = 408 - 382 = \underline{\underline{26 \text{ j.v./h} , 6\%}}$$

$$R_{\text{rovně}} = K - I = 408 - 199 = \underline{\underline{209 \text{ j.v./h} , 51\%}}$$

směr ul. Cihelní:

$$R_{\text{vpravo}} = K - I = 639 - 88 = \underline{\underline{551 \text{ j.v./h} , 14\%}}$$

$$R_{\text{vlevo}} = K - I = 284 - 221 = \underline{\underline{63 \text{ j.v./h} , 22\%}}$$

$$R_{\text{rovně}} = K - I = 639 - 539 = \underline{\underline{100 \text{ j.v./h} , 16\%}}$$

směr EkF:

$$R_{\text{vpravo}} = K - I = 550 - 108 = \underline{\underline{442 \text{ j.v./h} , 80\%}}$$

$$R_{\text{vlevo}} = K - I = 320 - 167 = \underline{\underline{153 \text{ j.v./h} , 48\%}}$$

$$R_{\text{rovně}} = K - I = 320 - 207 = \underline{\underline{113 \text{ j.v./h} , 35\%}}$$

směr ul. Bohumínská:

$$R_{\text{vpravo}} = K - I = 852 - 374 = \underline{\underline{478 \text{ j.v./h} , 56\%}}$$

$$R_{\text{vlevo}} = K - I = 160 - 145 = \underline{\underline{15 \text{ j.v./h} , 10\%}}$$

$$R_{\text{rovně}} = K - I = 408 - 370 = \underline{\underline{38 \text{ j.v./h} , 10\%}}$$

5. Videoanalýza konfliktních situací

5.1 Dopravní nehody

Dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu [6].

5.2 Konfliktní situace – Folprechtova videoanalýza

Pro vyhodnocení konfliktních situací na úseku Sokolská třída x Českobratrská jsem použil tzv. metodu Folprechtova videoanalýza konfliktních situací. Tato metoda mi byla doporučena vedoucím bakalářské práce, panem Ing. Vladislavem Křivdou, Ph.D.

Roku 1968 vyvinuli S. R. Perkins a J. I. Hartus, pracovníci firmy General Motors, metodu sledování konfliktních situací na křižovatkách. Byl to jednoduchý postup, spočívající ve vizuálním pozorování a záznamu situací, odehrávajících se na vstupních ramenech křižovatek. Prováděl se z „pozorovacího vozidla“, umístěného na chodníku 30 až 100 metrů před zaústěním příslušného ramene do vlastního prostoru křižovatky. Zaznamenávány byly takové situace, kdy došlo buď k prudkému zabrzdění (evidovaného rozsvícením brzdových světel), nebo k prudkému vybočení z jízdního pruhu (jízdní dráhy) jednoho z účastníků konfliktu. Šlo tedy v podstatě o pozorování tzv. „skoronehod“ (tj. situací hrozících bezprostředním střetem dvou účastníků provozu) [5].

Touto metodou byl inspirován pan doc. Ing. Jan Folprecht, Ph.D. A na základě pozorování chování účastníků dopravy vyvinul vlastní metodiku záznamu konfliktních situací, nazývanou Folprechtova videoanalýza konfliktních situací. Metoda spočívá, jak už název napovídá, ve sledování daného místa (křižovatky) pomocí vizuálního nahrávacího zařízení (videokamery, digitální kamery, atp.). Mohli bychom ji rozdělit do tří následujících kroků:

1. Z vhodného místa, nejlépe co nejvýše nad sledovaným objektem, pořídíme videozáznam dané lokality určené k pozorování. Záznam by měl být pořízen v různých

časových intervalech. Dále musí být záznam opatřen časovou stopou s přesností minimálně 0,1 sekundy. Vhodné je záznam opatřit také audiozáznamem pro pozdější vyhodnocování.

2. Vyhodnocení obrazového záznamu. Provádí se nejlépe ve více osobách současně (nejlépe tři), pro důkladné posouzení záznamu a souhlasného názoru na pozorované konfliktní situace. Současně nám videozáznam poslouží k určování základních charakteristik dopravního provozu dané lokality (intenzity a složení dopravních proudů, rychlost, délky fronty, atd.). Sledování by nemělo být pro jednu osobu delší než 3 hodiny z důvodu ztráty koncentrace a únavy. Při pozorování využíváme možnosti obrazového záznamu (zastavování, zpomalování, vrácení), v čemž spočívá hlavní výhoda této sledovací metody.

3. Vyhodnocení získaných dat a návrh opatření. Do půdorysného schématu křižovatky se zakreslí jednotlivé zjištěné konfliktní situace. Podle jejich umístění v pozorované lokalitě a četnosti výskytu, pak můžeme vyvodit způsoby následných opatření, která by uvedeným konfliktním situacím zabránila.[5]

5.3 Popis a značení konfliktních situací

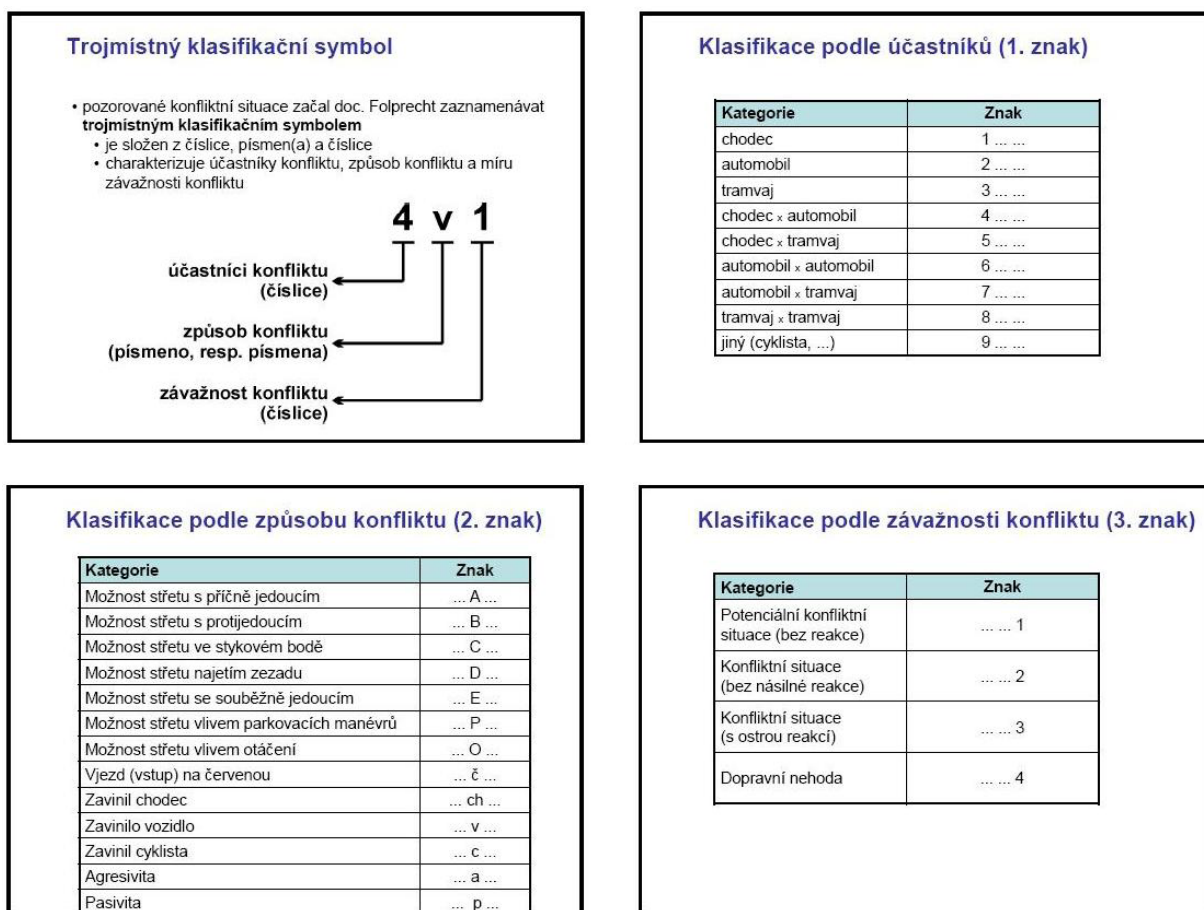
Konfliktními situacemi se rozumí takové okamžiky a situace v silničním provozu, kdy vzniká (nebo může vzniknout) pro některé jeho účastníky větší než obvyklá míra nebezpečí.

Každé dopravní nehodě musí standardní konfliktní situace předcházet. V tomto smyslu lze chápat dopravní nehodu jako důsledek takové konfliktní situace, kdy se nepodařilo míru nebezpečí střetu vozidla s okolím odvrátit. Konfliktní situace jsou tedy potencionální, nehodové situace a jejich typ proto předurčuje typ z toho rezultující dopravní nehody. Z toho vyplývá, že na základě pozorování a analýzy konfliktních situací, lze činit závěry o míře nebezpečnosti dotyčného místa a tedy i činit opatření ke zvýšení bezpečnosti [5].

Doc. Ing. Jan Folprecht, Ph.D, pro co nejširší zachycení rozsahu anomálií v silničním provozu, a to především z hlediska závažnosti pozorovaných situací, zvolil tři stupně závažnosti konfliktních situací.

Nejnižší stupeň náleží situacím, které je možné považovat za potencionální konfliktní situace, tj. kdy jde o porušování dopravních předpisů v té chvíli osamoceným účastníkem dopravy (bez přítomnosti jiných, které by mohla taková akce ohrozit). Druhým stupněm závažnosti se kategorizují situace, kdy lze pozorovat narušení plynulosti provozu – tedy takové pozorovatelné anomálie, které nevyvolávají násilnou reakci dalších účastníků, nicméně váhání, agresivita či prosté chybné jednání je zřejmé a má za následek reakci dalších účastníků. Nejvyšší stupeň tří, je určen konfliktním situacím, kdy jedině prudká úhybná akce, tj. např. ostré brzdění nebo náhlé vybočení z dosavadního směru jízdy, zamezí hrozícímu střetu [5].

Pro zaznamenávání konfliktních situací si Doc. Ing. Jan Folprecht, Ph.D zvolil trojmístný klasifikační symbol složený z písmene, čísla a písmene, popisující účastníky konfliktu, způsob konfliktu a míru závažnosti konfliktu (obr. 16 a příloha č. 6)



Obrázek č. 16: Složení symbolu Folprechtovy metody [8]

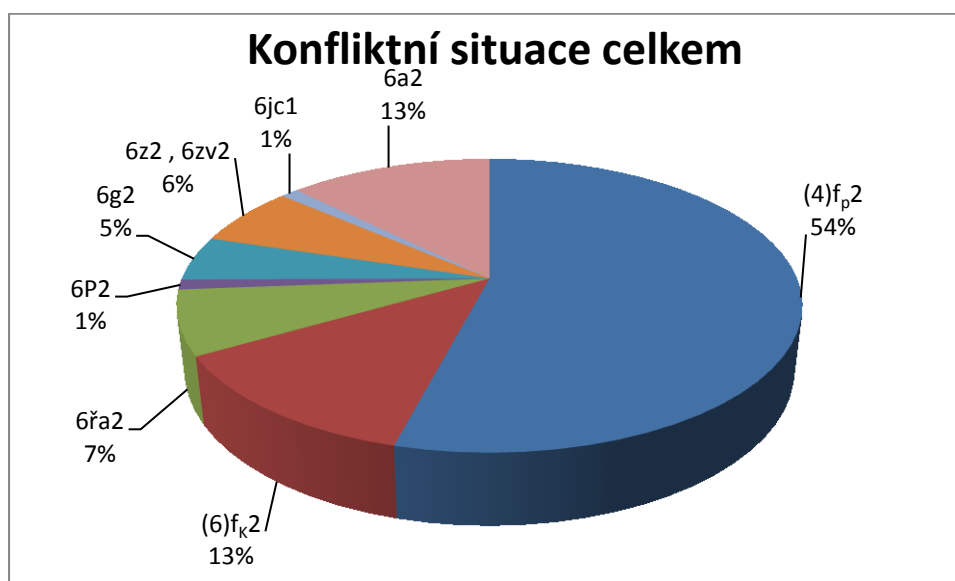
5.4 Konfliktní situace úseku Sokolská třída x Českobratrská

Lokalita mezi Sokolskou třídou a ul. Českobratrskou se neřadí mezi místa se zvýšenou nehodovostí v městě Ostrava. Na obou sledovaných křižovatkách byl pořízen dvouhodinový záznam ve středu 13. října 2010 v době od 14:00 do 16:00. Konfliktní situace jsou posuzovány na špičkovou hodinu, tj. 15:00 – 16:00.

5.4.1 Okružní křižovatka 30. dubna x Sokolská třída

Na sledované křižovatce dochází nejméně ke dvěma hlavním příčinám blokování dopravy. První a nejčastější příčinou je zastavení provozu před přechodem pro chodce na výjezdu z okružního pásu, přičemž došlo k omezení provozu na okružním pásu. Vozidla jedoucí k výjezdu jsou nucena zastavit buď před přechodem pro chodce, nebo již při vjíždění do křižovatky. Chodci zde občas vstupují před vozidla až bezhlavě a řidiči pak nemají jiné východisko, než prudce zastavit, nebo se nějakým způsobem vyhnout chodcům a tím je i ohrozit. Druhou příčinou je světelně řízená křižovatka Českobratrská x Sokolská třída, která ovlivňuje a brzdí dopravu vozidly, které zde stojí na červenou. Vytváří se zde dlouhá řada, která mnohdy zasahuje až do okružní křižovatky a tu celou zablokuje.

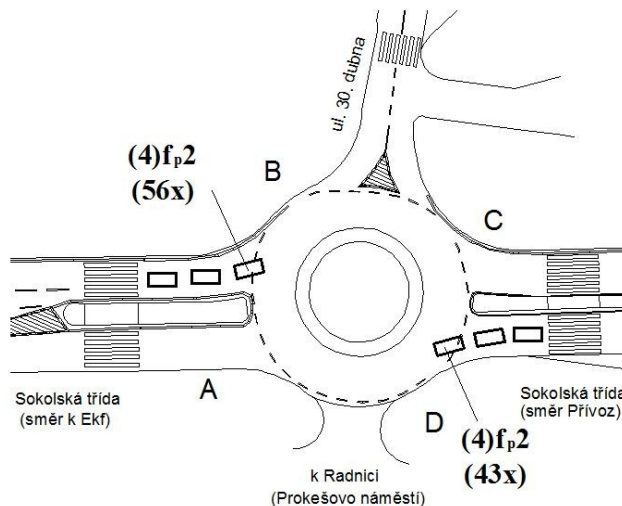
Na sledované křižovatce došlo během hodinového záznamu k 183 konfliktním situacím, z nichž 156 bylo vlastních (108 prvotních a 48 následných) a 27 nevlastních (všechny prvotní). Grafy vlastních a nevlastních KS viz příloha.



Obrázek č. 17: Konfliktní situace celkem

Konfliktní situace (4)_{f_p2}

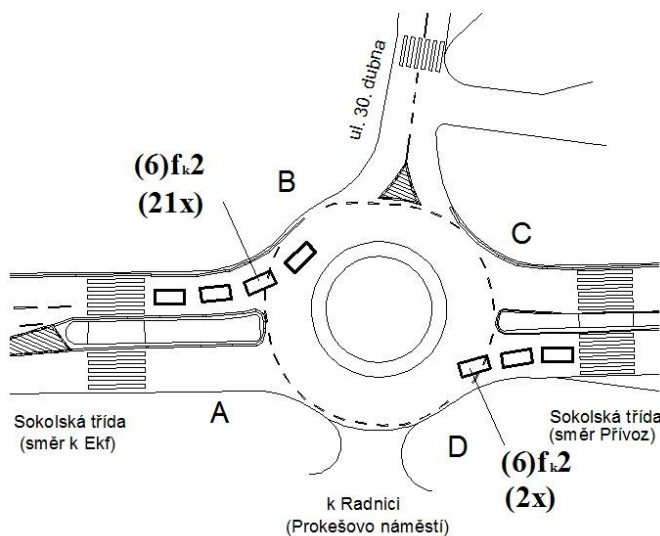
Při této situaci došlo k zastavení provozu před přechodem pro chodce na výjezdu z okružního pásu, přičemž došlo k omezení provozu na okružním pásu. Celkem bylo zjištěno 99 případů, z toho 56 na výjezdu A (vzdálenost přechodu pro chodce od okružního pásu je cca 17 m), 43 situací na výjezdu C (vzdálenost přechodu pro chodce od okružního pásu je cca 13 m).



Obrázek č. 18: Schéma konfliktní situace (4)_{f_p2}

Konfliktní situace (6)_{f_k2}

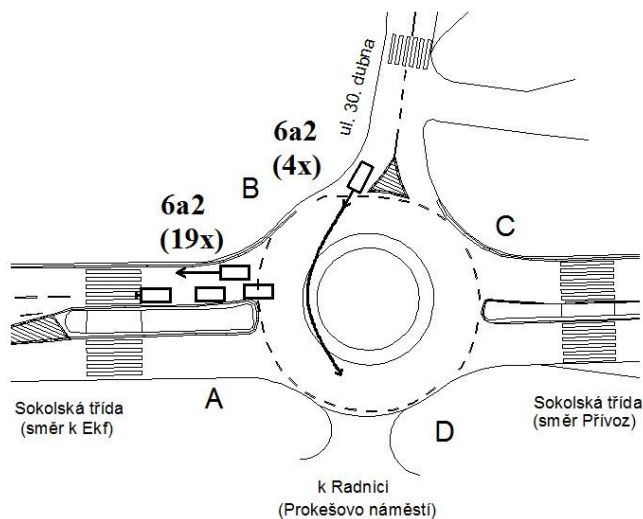
Vlivem fronty vozidel na blízké světelně řízené křižovatce Sokolská třída x Českobratrská (rameno A), došlo k zastavení provozu na okružním pásu. vzdálenost obou křižovatek je cca 140 m. Došlo celkem k 21 případům. Na rameni C došlo ke 2 případům z nejasné příčiny. Jedná se o nevlastní situace.



Obrázek č. 19: Schéma konfliktní situace (6)_{f_k2}

Konfliktní situace 6a2

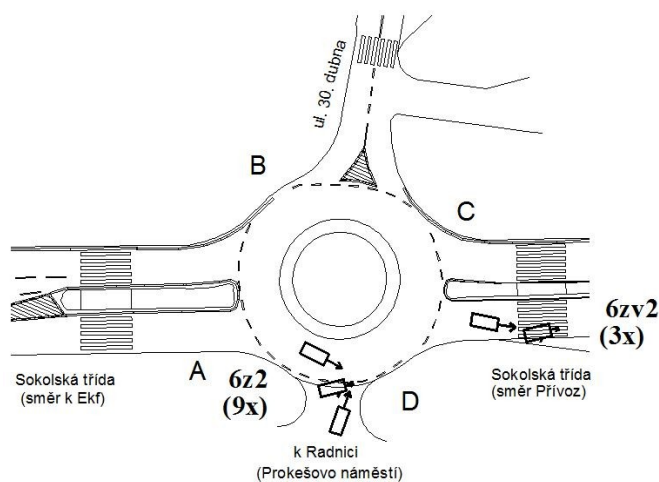
Agresivní chování řidičů motorových vozidel. Podrobnosti jsou patrné z obrázku (20) a ze seznamu konfliktních situací (viz příloha č. 4). Celkem došlo k 23 případům.



Obrázek č. 20: Schéma konfliktní situace 6a2

Konfliktní situace 6z2, 6zv2

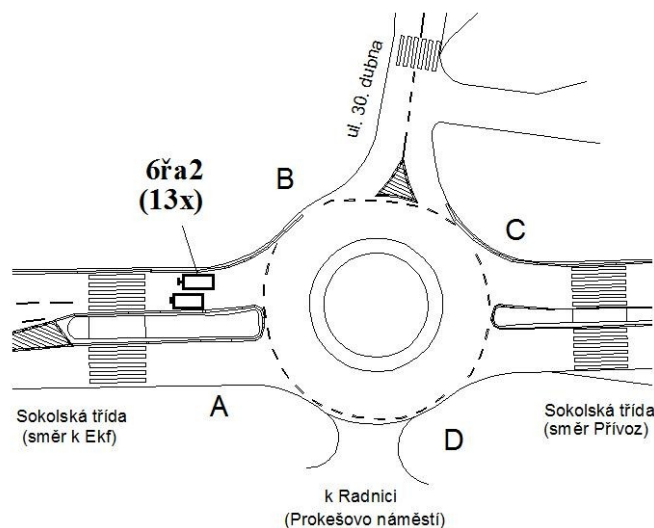
Jedná se o situace, kdy došlo k chybnému zastavení vozidla. V 9 případech šlo o situaci 6z2, kdy vozidlo zastavilo na rameni D za účelem vystoupení cestujícího (možnost bránění plynulému pohybu vozidel po okruhu a dále vjezdu/výjezdu vozidla do/z ramene D). Ve třech případech šlo o situaci 6zv2, kdy vozidlo zastavilo v místě začátku zastávkového zálivu (částečně na přechodu pro chodce, výjezd rameno C) za účelem nastoupení/vystoupení další osoby (bránění plynulého vjezdu vozidla MHD do zálivu).



Obrázek č. 21: Schéma konfliktní situace 6z2, 6zv2

Konfliktní situace 6řa2

Vedle vozidla stojícího mezi okružním pásem a přechodem pro chodce (na výjezdu A) v místě, kde je pouze 1 jízdní pruh se vpravo zařadilo další vozidlo. Důvodem je to, že za přechodem začínají řadící pruhy blízké světelné křižovatky.



Obrázek č. 22: Schéma konfliktní situace 6řa2

Konfliktní situace 6g2

Vozidlo na okružním pásu dalo přednost v jízdě vozidlu na vjezdu. Došlo celkem k 9 případům, z toho 7x na vjezdu D a 1x na vjezdu B a C. Na vjezdu A se tato situace nevyskytla. Obrázek viz příloha č. 7.

Konfliktní situace 6P2

Osobní automobil jedoucí do D byl zastaven osobním automobilem parkujícím za vjezdem D. Tato situace nastala celkem 2x. Obrázek viz příloha č. 7.

Konfliktní situace 9jc1

Chybné počínání cyklistů na okružní křižovatce. V této situaci nebyl žádný jiný účastník ohrožen ani omezen. Došlo celkem ke 2 případům. Obrázek viz příloha č. 7.

Ukazatel relativní konfliktnosti k_R

$$k_R = \frac{P_{KS}}{I} \times 100 \quad [\text{KS}/100 \text{ voz}] \quad [5] \quad (6)$$

kde: - P_{KS} – počet konfliktních situací (KS) za hodinu [KS/h]
- I – hodinová intenzita dopravy [voz/h]

Ukazatel se obecně určuje pouze pro konfliktní situace, které se odehrály mezi dvěma více účastníky (tj. obvykle situace 2 až 4). V případě potřeby (jde-li například o významnou konfliktní situaci, která si zaslouží pozornost) lze tento ukazatel určit také pro konfliktní situace závažnosti 1.

Tab. 5: Četnost KS, u kterých obecně neurčujeme ukazatel relativní konfliktnosti k_R

Konfliktní situace	P_{KS} [KS/h]	K_R [KS/100 voz]
9jc1	2	0,11
CELKEM	2	0,11

Tab. 6: Četnosti nevlastních (X) konfliktních situací a jejich ukazatel relativní konfliktnosti k_R

Konfliktní situace	P_{KS} [KS/h]	K_R [KS/100 voz]
(6)f _k 2	23	1,24
6zv2	2	0,11
6P2	2	0,11
CELKEM	27	1,46

Tab. 7: Četnosti vlastních (O) konfliktních situací a jejich ukazatel relativní konfliktnosti k_R

Konfliktní situace	P_{KS} [KS/h]	K_R [KS/100 voz]
(4)f _p 2	99	5,32
6řa2	13	0,7
6g2	9	0,48
6z2	10	0,54
6a2	23	1,24
CELKEM	154	8,28

Do celkového ukazatele relativní konfliktnosti k_R jsou zařazeny pouze vlastní a nevlastní konfliktní situace (žádné KS, u kterých se obecně tento ukazatel neurčuje, nebyly natolik významné, aby byly do celkového ukazatele zařazeny). Celkový ukazatel relativní konfliktnosti k_R je pak 8,28 konfliktních situací na 100 projetých vozidel. Četnosti vlastních a nevlastních konfliktních situací, vč. ukazatelů relativní konfliktnosti jsou uvedeny v následující tabulce 8.

Tab. 8: Celkový ukazatel relativní konfliktnosti k_R

Konfliktní situace	P_{KS} [KS/h]	K_R [KS/100 voz]
Nevlastní (X)	27	1,46
Vlastní (O)	154	8,28
CELKEM	181	9,74

5.4.2 Křižovatka Českobratrská x Sokolská třída

Poslední dobou v tomto úseku dochází, hlavně v době odpolední špičky, k častým kongescím. Při nich můžeme vyzorovat nepochopitelné chování řidičů, kteří vjíždějí do křižovatky v době, když už si nejsou jisti, zda ji vůbec dokážou ještě bezpečně projet. Řidiči vjedou do křižovatky i v případě, kdy vozidla před nimi už stojí a nemohou pokračovat v jízdě kvůli kongesci. Tento jev se zde objevuje poměrně často. Z této příčiny zde dochází velmi často k výskytu konfliktních situací.

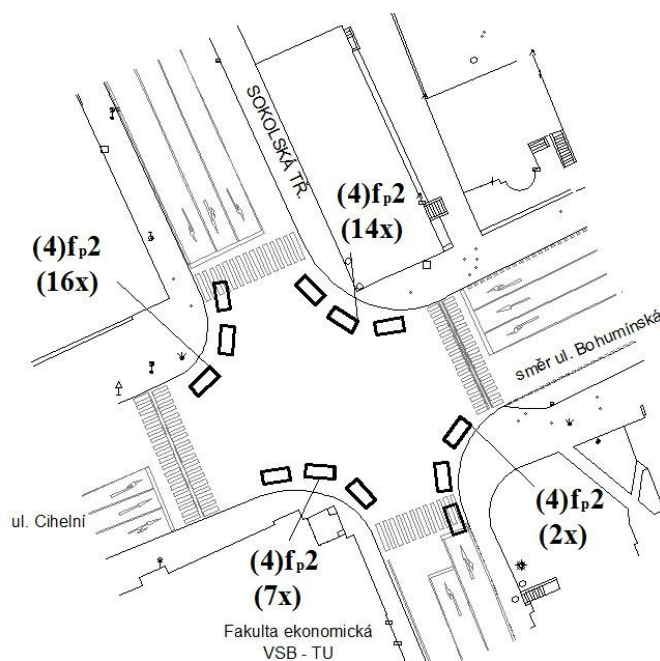
Na sledované křižovatce došlo během hodinového záznamu k 67 konfliktním situacím, z nichž 46 bylo vlastních (všechny prvotní) a 21 nevlastních (všechny prvotní).



Obrázek č. 23: Konfliktní situace celkem

Konfliktní situace (4)f_{p2}

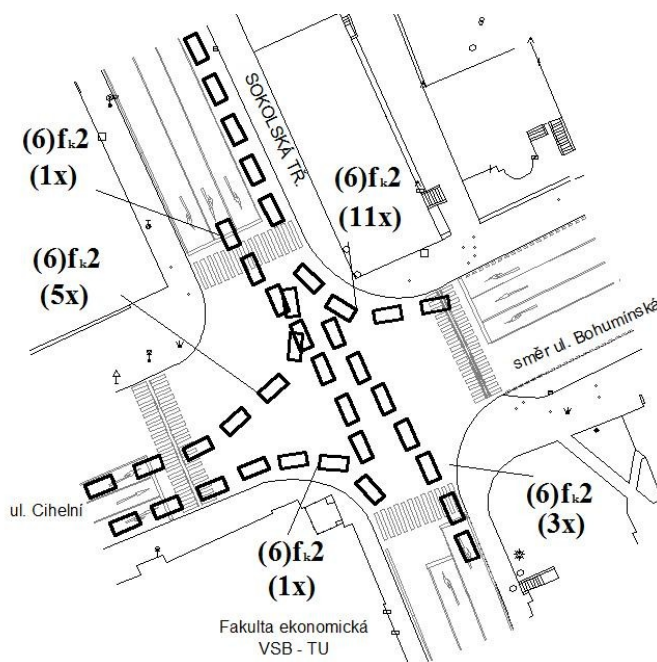
Vozidla jsou nucena zastavit kvůli dávání přednosti chodcům přecházejícím po přechodu pro chodce umístěném na výjezdu z křižovatky. Celkem bylo 39 případů, z toho 16 ve směru na ulici Cihelní, 14 ve směru Prokešova náměstí, 7 ve směru k ekonomické fakultě a 2 ve směru k ulici Bohumínská. Jedná se o situace vlastní.



Obrázek č. 24: Schéma konfliktní situace (4)f_{p2}

Konfliktní situace (6)_{f_k2}

Vozidla jsou nucena zastavit vlivem fronty vozidel na blízké okružní křižovatce Sokolská třída x 30. dubna. Dochází k zastavení provozu na určitém rameni křižovatky. Vzdálenost obou křižovatek je cca 140 m. Došlo celkem k 21 případům. Ve směru od ul. Bohumínská k Prokešovu náměstí došlo k 11 případům. Ve směru od ul. Cihelní k Prokešovu náměstí došlo k 5 případům. Ve směru od EkF k Prokešovu náměstí došlo k 3 případům. Ve směru od ul. Cihelní k EkF došlo k 1 případu. Ve směru od Prokešova náměstí k EkF došlo k 1 případu. Jedná se o nevlastní situace.



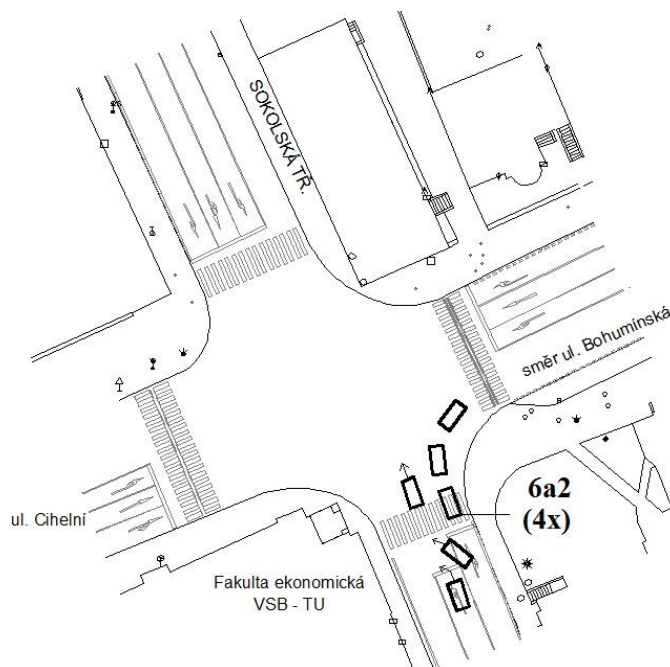
Obrázek č. 25: Schéma konfliktní situace (6)_{f_k2}

Konfliktní situace 6č3

Vozidla vjíždějí do křižovatky pravděpodobně již na signál stůj nebo jen těsně před ním. Ohrožují tím ostatní osobní vozidla. Obrázek viz příloha č. 8.

Konfliktní situace 6a2

Agresivní chování řidičů motorových vozidel. Vozidla jedoucí rovně ve sdruženém pruhu pro jízdu rovně a pro odbočení vpravo, jsou blokována vozidly jedoucími vpravo. Díky tomu vjíždějí do pruhu sloužícímu k odbočení vlevo a tím omezují vozidla v tomto pruhu. Podrobnosti jsou patrné z obrázku (26) a ze seznamu konfliktních situací (viz příloha č. 8). Celkem došlo k 4 případům.



Obrázek č. 26: Schéma konfliktní situace 6a2

Ukazatel relativní konfliktnosti k_R

$$k_R = \frac{P_{KS}}{I} \times 100 \quad [KS/100 \text{ voz}] [5]$$

kde: - P_{KS} – počet konfliktních situací (KS) za hodinu [KS/h]
 - I – hodinová intenzita dopravy [voz/h]

Tabulky a grafy četností vlastních a nevlastních situací viz příloha č. 5.

Z uvedených videozáznamů a schémat lze vypožorovat, že obě řešené křižovatky se z důvodu své blízkosti velmi citelně ovlivňují. Navíc při zdejší hustotě provozu, hlavně pak ve špičkách, dochází ke kongescím na úseku mezi křižovatkami a také na obou křižovatkách. Z tohoto důvodu je potřeba řešit obě křižovatky společně.

6. Vytvoření modelu a simulací v software PTV VISSIM

Program slouží k analyzování osobní a veřejné dopravy v rámci různých omezení. Je užitečným nástrojem pro vyhodnocení různých alternativ na základě dopravního inženýrství a plánování účinnosti opatření. V důsledku toho můžou být modelovány i pěší toky, a to buď samostatně, nebo v kombinaci s osobní a veřejnou dopravou. VISSIM lze uplatnit jako užitečný nástroj v široké paletě dopravních problémů a jejich řešení. [7]

Já osobně jsem ho využil pro vyhodnocení a optimalizaci silničního provozu, k porovnávání a modelování variant návrhů.

VISSIM je nejučinnějším nástrojem pro mikroskopickou simulaci multimodálních dopravních proudů, zahrnujících osobní a nákladní automobily, autobusy, tramvaje, příměstskou železnici, vlaky, cyklisty a chodce. Jeho flexibilní síťová struktura umožňuje detailní znázornění a modelování jakéhokoli uspořádání, od světelně řízených křižovatek, okružních křižovatek, silničních koridorů, až po celé autobusové nádraží a dokonce letiště. VISSIM umožňuje modelovat všechny funkční parametry silniční sítě (např.: sklon vozovky, pruhy pro levé odbočení, okružní křižovatky, řízení přednosti v jízdě, průpletové úseky atd.). [7]

6.1 Funkčnost a směřování vozidel

VISSIM nabízí uživatelům možnost modelovat na pozadí leteckých ortografických snímků či výkresů CAD. Dále umožňuje 4D animace, tj. kombinace 3D modelů se čtvrtým rozměrem – časem. Díky tomu lze vytvářet realistické video klipy ve formátu AVI, což je výborný prostředek pro prezentaci záměrů projektu.

Ve VISSIMu jsou tři způsoby značení trasy automobilu. Základní způsob předpokládá, že doprava je stochasticky rozdělována dle uživatelem definovaného počátku a konce cesty. Dynamic Routes umožňuje úpravy fixních cest založené na simulovaných jevech, jako např. uzavření závor na železničním přejezdu. Dynamic Traffic Assignment lze využít ve VISSIMu k vyhodnocení dopravy dle časových a funkčních charakteristik a původu/cíle cest s použitím stochastických metod založených na cestovních nákladech. [7]

6.2 Přiblížení postupu prací

Program VISSIM byl při zpracovávání návrhů k mé bakalářské práci velice užitečný. Ovládání v programu je poměrně jednoduché, i když je kompletně v angličtině. Kreslení na pracovní ploše probíhá pomocí pravého tlačítka. Jsou dva výběrové režimy, které mohou být použity. Prvním je Standard Selection (standardní výběr) – slouží pro označení objektu, dvojklikem na objekt se otevře okno s vlastnostmi vybraného objektu. Druhým režimem je Multiselect Mode (vícenásobný režim) – slouží pro vícenásobný výběr objektů, pro uchopení objektů a jejich posun. Přibližování a oddalování se provádí pomocí kolečka myši, mazání objektů tlačítkem delete.

Kreslení

Kreslení se započne aktivací Standard Selection a Links and Connectors. Pravým tlačítkem myši se označí počátek jízdního pásu a jeho držením a tažením se kreslí jízdní pás. Po jeho nakreslení se objeví tabulka, ve které se nastavuje číslo pásu, jeho název, počet jízdních pruhů, jejich šířky, chování provozu atd. Na konci i na začátku má pás hvězdičku, díky níž je umožněno prodloužení, nebo posun směru. Směr je vyznačen šipkami.

Konektory

Slouží ke spojení dvou pásů. Levým tlačítkem se označí jízdní pás, poté se na něj klikne pravým tlačítkem v místě tvorby odbočení a táhne se na jízdní pás, kam budou vozidla odbočovat. Po uvolnění tlačítka se objeví tabulka, kde se nastavuje pojmenování konektoru, výběr prostředků, které po něm budou jezdit atd. Konektor může být složen z bodů, kdy optimální počet je cca 20 bodů.

Složení dopravního proudu

Pro každý vjezd je nutné nastavit jiné složení dopravního proudu. Postupuje se kliknutím v menu na záložku Traffic a položku Vehicle Compositions. Otevře se nové okno, kde pro vytvoření nového složení dopravního proudu se zvolí new. Objeví se okno, kde se pojmenuje dopravní proud a zvolí se new. Objeví se další okno, kde je na výběr druh vozidla, jeho průměrná rychlost a procentuální podíl tohoto druhu vozidla. Vše se nastaví a opakuje, dokud není dopravní proud kompletní. Konečný součet musí být roven 1.

Intenzity vjezdu vozidel

Aktivuje se ikona Vehicle Inputs. Označí se jízdní pás, na kterém se nastavuje intenzita vozidel a klikne se na něj pravým tlačítkem v místě vjezdu, kde je začátek jízdního pásu. Objeví se okno s nabídkou. Pojmenuje se vjezd a pás, zadá se celkový počet vozidel

vjíždějících na jízdní pás za daný časový interval. Vybere se složení dopravního proudu. Potvrdí se tlačítkem Ok a opakuje se od začátku dle potřeby.

Definování tras

Aktivuje se ikona Routes. Levým tlačítkem myši se označí jízdní pás a pravým tlačítkem vytvoří rozhodovací bod, ve kterém se budou vozidla rozhodovat, kterým směrem pojedou. Objeví se tabulka, zde se nastaví název bodu. Po nastavení tabulky se levým tlačítkem označí jízdní pás, na který bude doprava směřovat a pravým se na něm vytvoří místo výjezdu (zelená čárka). Poté se levým tlačítkem označí další jízdní pás, na který bude doprava směřovat (stále ze stejného ramene) a pravým se na něm vytvoří místo výjezdu. Tento postup se opakuje, dokud nejsou vyčerpány všechny trasy.

Rozdělení intenzit do jednotlivých směrů

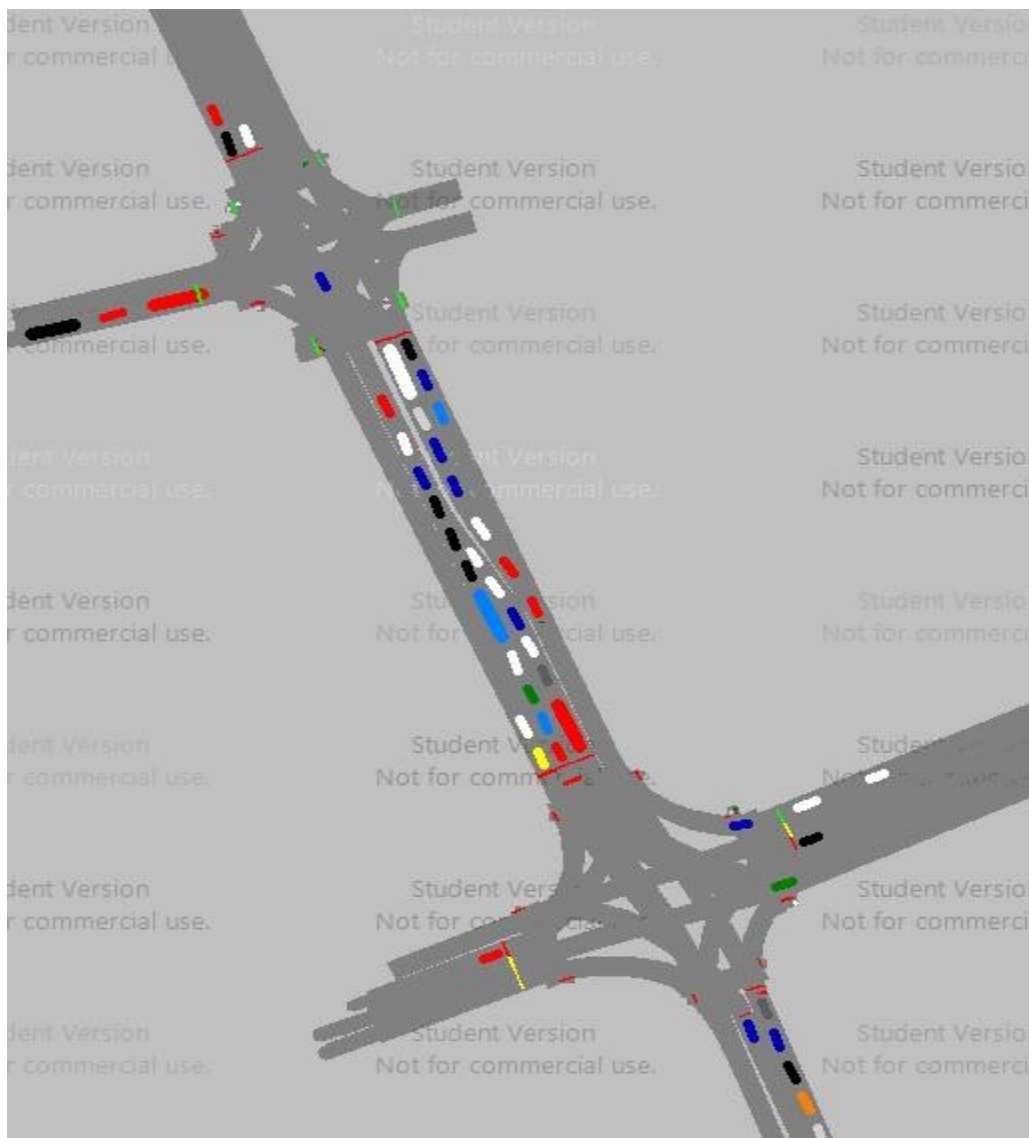
Aktivujeme ikonu Routes. Klikne se pravým tlačítkem do prázdné plochy a dojde k vyvolání tabulky. V ní v levé části je seznam rozhodovacích míst a vpravo seznam výjezdů. Pro lepší orientaci je vždy daný směr označen žlutou barvou přímo na výkrese. V pravé části pravého okna se uvádí procentuální podíl vozidel jedoucích příslušným směrem. Po ukončení zadávání musí být součet roven 1.

Kolizní plochy

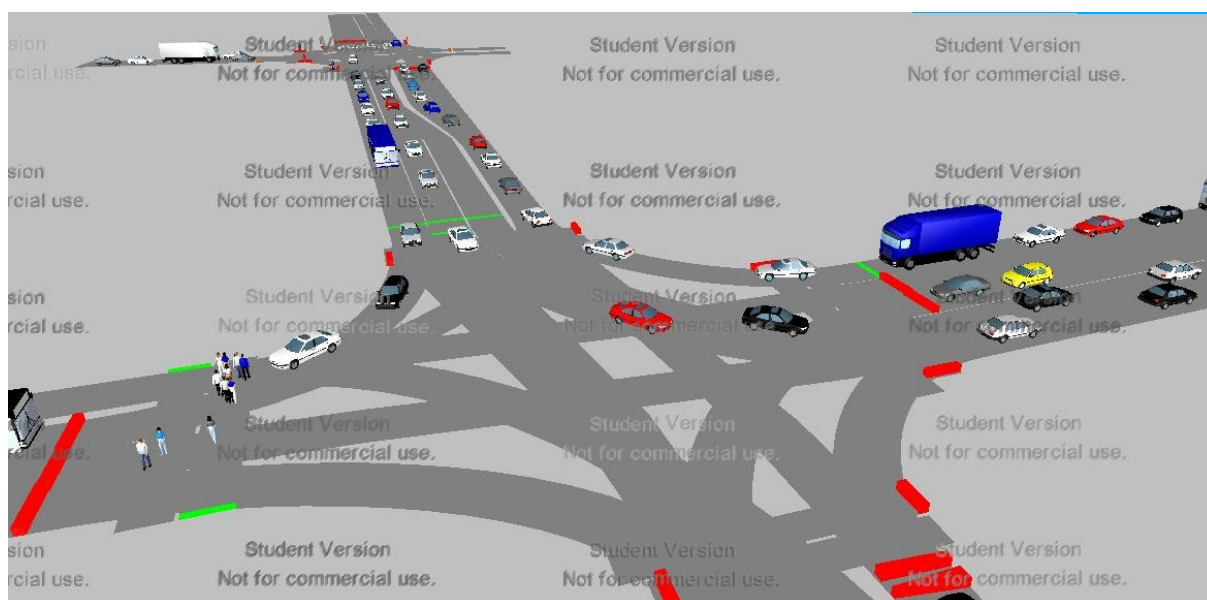
Aktivují se ikonou Conflict Areas. Kliknutím levým tlačítkem na místo kolizní plochy, dojde k jejímu vyznačení. Kliknutím pravým tlačítkem v místě kolizí plochy se nastaví přednost dopravního proudu (vyznačena zelenou barvou). Kolizní plochy se musí vyznačit na všech místech.

Tvorba světelné křižovatky

V menu se zvolí možnost Signal Control a zde se vybere Edit Controllers. Ve vyvolané tabulce kliknutím pravým tlačítkem a zvolením New se vytvoří nový signální plán. Zadá se jeho název a klikne se na Edit Signal Control. Objeví se nové okno, kde se vytvoří signální skupiny a k nim jejich fáze pro každé rameno. Aktivuje se ikona Signal Heads, levým tlačítkem se označí jízdní pás a pravým tlačítkem se vytvoří Stop čára.



Obrázek č. 27a: Schéma simulace v programu PTV VISSIM



Obrázek č. 27b: Schéma 3D simulace v programu PTV VISSIM

7. Návrh vhodného řešení organizace a řízení provozu

Návrh je rozdělen na 3 základní části. Části vhodného řešení budou zvlášť pro okružní křižovatku Sokolská třída x 30. dubna, dále pro řešený problematický úsek mezi křižovatkami a zvlášť pro křižovatku ul. Českobratrská x Sokolská třída.

7.1 Návrh řešení – varianta 1:

Tato varianta je řešením na přestavbu stávající okružní křižovatky Sokolská třída x 30. dubna. Přestavba bude zaměřena na zrušení stávající okružní křižovatky a místo ní bude navržena nová průsečná křižovatka osazená světelnou signalizací. Pomocí simulací v softwaru PTV VISSIM, proběhla simulace koordinace se světelnou křižovatkou ul. Českobratrská x Sokolská třída. Díky tomuto návrhu by mělo dojít k plynulejšímu provozu a k celkovému zvýšení bezpečnosti, než tomu bylo doposud.

Počátek rekonstrukce je spojen se stavebními úpravami a s odstraněním středního ostrova, prstence a vybouráním dělicích ostrůvků ve směru od EkF a ve směru na Přívoz. Plocha prováděných úprav je cca 1300 m². Navržené SSZ na této křižovatce se bude skládat z řadiče, 7 sloupů světelné signalizace s výložníky, návěstidly. Průběžné jízdní pruhy nabudou změn. Ve směru od Přívozu do centra se z jednoho jízdního pruhu stanou jízdní pruhy dva, pro jízdu (vlevo + rovně, vpravo + rovně). Ve směru od centra do Přívozu se před křižovatkou jízdní pruh také mění na dva a to pro jízdu (vlevo, vpravo + rovně). Dále pak jsem se zaměřil na problematiku přechodů pro chodce a umístil je blíže ke středu křižovatky a zároveň zmenšil jejich šířku. Výkres v příloze 13 – výkres 2.

Zásady při navrhování světelného signalizačního zařízení

SSZ jsou zpravidla zřizována ke zvýšení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích nebo ke zlepšení plynulosti provozu. Jelikož zájmy jednotlivých účastníků provozu na pozemních komunikacích jsou protichůdné, nelze všem, i když oprávněným, požadavkům jednotlivých účastníků vyhovět současně [4].

Kritéria pro navrhování SSZ

Účelnost řízení křižovatky SSZ je zapotřebí prokázat splněním alespoň jednoho z následujících kritérií: *kritérium bezpečnosti provozu, kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel, kritérium intenzity provozu z hlediska chodců, kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy* [4].

Kritérium bezpečnosti provozu

Z hlediska bezpečnosti provozu je dále účelné zřizovat SSZ na místech vhodných zvláštního zřetele, jako jsou například přechody dětí přes frekventované komunikace u škol, výjezdy tramvají z míst ležících mimo komunikaci apod. Tyto lokality je zapotřebí posuzovat individuálně podle místních poměrů, při zohlednění všech nutných podmínek podle ČSN 73 6101 a ČSN 73 6110 [4].

Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel

SSZ je účelné, dosáhne-li intenzita silničního provozu vyšších hodnot, než jsou stanoveny přípustnými intenzitami neřízených křižovatek podle ČSN 73 6102, a to v průměru osm dopravně nejvíce zatížených hodin dne na hlavní i vedlejší komunikaci. Jestliže křižovatka podle výpočtu kapacitně vyhoví jako neřízená, pak z hlediska intenzity automobilového provozu není SSZ objektivně nutné [4].

Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců

V koordinovaných skupinách SSZ je účelné zřídit řízený přechod pro chodce v situaci, kdy chodci narušují plynulý tok dopravního proudu koordinovaného svazku vozidel. Navíc v těchto případech je ochota řidičů, jedoucích v koordinovaném svazku vozidel, dát přednost chodcům nízká a dochází tak k nebezpečným situacím [4].

Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy

Za důvod k vybudování SSZ pro zajištění plynulosti jízdy vozidel MHD lze považovat zdržení nejméně každého druhého vozu na dobu delší než dvě minuty ve třech nejzatíženějších hodinách dne [4].

Výpočty pro světelně řízenou křižovatku

Výsledkem těchto výpočtů bude signální plán. Pro jeho stanovení je použita metoda spotřeby času. Metoda spotřeby času je určena k výpočtu délky cyklu, délek zelených jednotlivých signálních skupin a dále kapacit, resp. rezerv jednotlivých řadících pruhů, jakož i jejich délek. Intenzity jednotlivých dopravních směrů se upravují pomocí tzv. koeficientu faktoru omezení. Tímto koeficientem se zohlední vliv na zpomalení nebo na zrychlení pohybu vozidla křižovatkou.[2]

Výpočet mezičasu t_m :

$$t_m = t_v - t_n + t_b \quad (7)$$

kde: - t_v – vyklizovací doba [s]

- t_n – najížděcí doba [s]

- t_b – bezpečnostní doba [s]

Vyklizovací doba t_v je doba potřebná k projetí vyklizovacího vozidla od místa zastavení v křižovatce do kolizního bodu na konci kolizní plochy. Vyklizovací doba se určí ze vztahu [2]:

$$t_v = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v} \quad (8)$$

Vyklizovací dráha L_v je dráha vyklizovacího vozidla od místa zastavení v křižovatce do kolizního bodu na konci kolizní plochy. Vyklizovací rychlost v_v je rychlost vyklizovacího vozidla nebo chodce. [2]

Najížděcí doba t_n je doba potřebná k projetí najíždějícího vozidla od místa zastavení v křižovatce do kolizního bodu na začátku kolizní plochy. Najížděcí doba se určí ze vztahu [2].

$$t_n = \frac{L_n}{v_n} \quad [2] \quad (9)$$

kde: - L_n – najíždějící dráha (po kolizní bod) [m]
 - v_n – rychlost jízdy najíždějícího vozidla [m/s]

Najížděcí dráha L_n je dráha najíždějícího vozidla od místa zastavení v křižovatce do kolizního bodu na začátku kolizní plochy. Najížděcí rychlost v_n je rychlost najíždějícího vozidla nebo vstupujícího chodce. Bezpečnostní doba t_b je doba zohledňující vliv projíždění signálu pozor vozidly v souladu s pravidly silničního provozu po skončení signálu volno.[2]

Tab. 9: Normované hodnoty používané v metodě spotřeby času

Ukazatel			Hodnota	Jednotka
Vyklizující a najíždějící rychlost	motorová vozidla	v přímém směru	9,7	m/s
		v oblouku	7,0	m/s
	cyklisté		4,2	m/s
	chodci		1,4	m/s
Bezpečnostní doba	mot. voz./cyklisté		2,0	s
Délka vyklizujícího vozidla	motorová vozidla		5,0	m
	cyklisté, chodci		0	m

Výpočtové fiktivní zatížení [2]

$$M_x = \frac{I_x}{n} \cdot k \quad [\text{j. v./h}] \quad (10)$$

kde: - I – rozhodující intenzita [j.v./h]
 - n – počet řadících pruhů příslušného směru [-]
 - k – výsledný koeficient faktoru omezení pro příslušný směr [-]

Koeficient faktoru omezení k se určí součinem jednotlivých koeficientů dle: [2]

$$k = k_s \cdot k_{skl} \cdot k_R \cdot k_{odb} \cdot k_{ch} \cdot k_n \cdot k_{nár} \quad (11)$$

kde: - k_s – šířkový koeficient řadícího pruhu [-]
 - k_{skl} – koeficient podélného sklonu vozovky [-]
 - k_R – koeficient poloměru odbočování [-]
 - k_{odb} – koeficient podílu odboč. vozidel jež jedou společně s přímo jedoucimi [-]
 - k_{ch} – koeficient intenzity chodců [-]
 - k_n – koeficient počtu řadících pruhů pro tentýž směr na jednom vjezdu [-]

- $k_{nár}$ – nárůstový koeficient [-]

Jejich hodnoty viz příloha č 10.

Součet výpočtových fiktivních zatížení se pro každou fázi určí ze vztahu: [2]

$$\sum M = \sum_{i=1}^n M_i \quad [\text{j. v./h}] \quad (12)$$

kde: - $\sum M$ – součet výpočetních zatížení rozhodujícího pro každou fázi [j. v./h]

- $\sum M_i$ – výpočtové zatížení jednotlivých fází [j. v./h]

Výpočtová délka cyklu signálního plánu se určí ze vzorce: [2]

$$C_v = \frac{t_m}{1 - \frac{\sum M}{S}} \quad [\text{s}] \quad (13)$$

kde: - t_m – rozhodující mezičas mezi jednotlivými fázemi cyklu [s]

- $\sum M$ – součet výpočtových fiktivních zatížení rozhodujících pro každou fázi [j. v./h]

- S – saturovaný tok [j. v./h]

Délka zelené i-té signální skupiny z_i závisí na délce cyklu, hodnotě saturovaného toku a výpočtovém fiktivním zatížení a vypočte se podle vzorce: [2]

$$z_i = \frac{C}{S} \cdot M_i \quad [\text{j. v./h}] \quad (14)$$

kde: - C – délka cyklu [s]

- M_i – výpočtové fiktivní zatížení rozhodující pro i-tou signální skupinu [j. v./h]

- S – saturovaný tok [j. v./h]

Posouzení kapacit jednotlivých vjezdů [2]

Kapacita vjezdu K závisí na hodnotě saturovaného toku, délce cyklu a příslušné délce zeleného signálu. Určí se:

$$K_i = \frac{S}{C} \cdot z_i \quad [\text{j. v./h}] \quad (15)$$

Rezerva vjezdu R se určí z kapacity vjezdu a z naměřených intenzit:

$$R_i = \left(1 - \frac{I_x}{K_i}\right) \cdot 100 \quad [\%] \quad (16)$$

Délka řadícího pruhu I:

$$l_i = \frac{7,0}{3600} \cdot M_x \cdot (C - z_i) \quad [\text{m}] \quad (17)$$

7.1.1 Výpočet mezičasů a volba fází:

Mezičas – časový interval od konce zelené na návěstidle pro jeden směr po začátek doby zelené na návěstidle pro kolizní směr. [1]

$$t_m = t_v - t_n + t_b$$

t_v – vyklizovací doba [s]

t_n – najížděcí doba [s]

t_b – bezpečnostní doba [s]

Mezičasy se počítají pro všechny možné kolizní směry uvažovaných dopravních pohybů, podle trajektorií viz obrázky v příloze 12. Další potřebné hodnoty pro další výpočty jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Směry pro jízdu přímo jsou na konci označeny číslicí 1. Pro jízdu vlevo číslicí 2 a pro jízdu vpravo číslicí 3. Signální skupiny jsou VA, VB, VC, VD pro vozidla a PA, PB, PC pro chodce. Tabulka mezičasů pro jednotlivé směry viz příloha 11.

Průměrnou křižovátku jsem počítal metodou spotřeby času, tedy za pomoci programu Excel. Zvolil jsem dvoufázové řízení. Fáze jedna – VB, VD, PA, PC a fáze dvě – VA, VC, PB.

7.1.1 Výpočet mezičasů pomocí programu Excel:

Výpočet za pomoci programu Excel je proveden pro dvoufázové řízení s plnými signály pro všechny směry. Konečná délka signálního plánu je 67 s (viz tabulka 12 a obr. 26). U fáze 1 je zelená pro směry VB a VD 18 s a zelená na přechodu pro chodce PA a PC je 8 s. U fáze 2 je zelená pro směry VA a VC 38 s a zelená na přechodu pro chodce PB je 15 s. Mezičas pro fázi t_{m12} je 6 s a pro fázi t_{m21} je 5 s. Tabulka intenzit, potřebných pro výpočet viz příloha 11.

Tab. 10: Tabulka mezičasů pro dvoufázové řízení – fáze 1 do 2

Přechod z fáze 1 na fázi 2:

t_m [s]		Najíždí			
		VB	VD	PA	PC
Vyklizuje	VA	5	4	8	8
	VC	4	6	7	8
	PB	14	12	XXX	XXX

Rozhodující mezičas pro pořadí fáze 1 → 2: 6 t_{m12} [s]

Tab. 11: Tabulka mezičasů pro dvoufázové řízení – fáze 2 do 1

Přechod z fáze 2 na fázi 1:

t_m [s]		Najíždí		
		VA	VC	PB
Vyklizuje	VB	4	4	7
	VD	4	3	8
	PA	12	8	XXX
	PC	7	11	XXX

Rozhodující mezičas pro pořadí fáze 2 → 1: 5 t_{m21} [s]

Celkový mezičas $t_m = t_{m12} + t_{m21} = 11$ s

Tab. 12: Tabulka výpočtu SSZ pomocí Excelu

Vjezd	Fáze	Intenzita	Saturovaný tok pruhu základní	Saturovaný tok vjezdu základn	šířkový koeficient řadičích pruhu	koeficient podélného sklonu vozovky	koeficient poloměru odbočování	koeficient podílu odboč. vozidel jež jedou společně s přímo jedoucími	koeficient intenzity chodců	koeficient počtu řadičích pruhů pro tentýž směr na jednom vjezdu	nárůstový koeficient	Počet pruhů	Výpočtové fiktivní zatížení pro skupinu	Výpočtové fiktivní zatížení	Délka zelené pro fázi	Délka zelené zaokr. nahoru	Kapacita	Rezerva	Délka řadičích pruhu
-	-	[j.v./h]	[j.v.]	[j.v.]	-	-	-	-	-	-	-	-	[j.v.]		[s]	-	[j.v.]	%	[m]
sl.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
VB1	1	5	1900	1900	1	1	1	1,2	1	1	1,3	1	7,8		0,27		503	99,0	1
VB2	1	145	1900	1900	1	1	1	1,2	1	1	1,3	1	226,2		7,87		503	71,2	25,6
VB3	1	172	1900	1900	1	1	1	1,2	1	1	1,3	1	268,3		9,33		503	65,8	29,6
VD1	1	6	1900	1900	1	1	1	1,2	1,1	1	1,3	1	10,3		0,36		503	98,8	1,32
VD2	1	9	1900	1900	1	1	1	1,2	1,1	1	1,3	1	15,44		0,54		503	98,2	1,97
VD3	1	5	1900	1900	1	1	1	1,2	1,1	1	1,3	1	8,58	503	0,3		503	99,0	1,1
PA	1														17,5	18			
PC	1																		
VA1	2	630	1900	1900	1	1	1	1,2	1,1	1	1,3	1	1081		37,6	38	1081	41,7	59,8
VA2	2	184	1900	1900	1	1	1	1,2	1,1	1	1,3	1	315,7		11		1081	83,0	33,8
VA3	2	8	1900	1900	1	1	1	1,2	1,1	1	1,3	1	13,73		0,48		1081	99,3	1,75
VC1	2	535	1900	1900	1	1	1	1,2	1,1	1	1,3	2	459		16		1081	50,5	44,7
VC2	2	2	1900	1900	1	1	1	1,2	1,1	1	1,3	2	1,716		0,06		1081	99,8	0,22
VC3	2	139	1900	1900	1	1	1	1,2	1,1	1	1,3	2	119,3	1081	4,15		1081	87,1	14,4
PB	2																1081		

t_m	11 s	49,5	$=0,75 \cdot C_{opt}$	Suma M	1584	55,1	56 s
Cv	66,1 s	99,2	$=1,5 \cdot C_{opt}$	Kontrolní součet		66,1	67 s
Volím	67 s						

[illegible]

7.2 Návrh řešení – varianta 2:

Tato varianta se zabývá řešením problematického úseku. Jedná se o úpravu vodorovného dopravního značení. Je to varianta velice levná, rychlá a obejde se bez stavebních úprav. Z videozáznamu jsem vypožadoval, že vozidla jedoucí rovně ve směru od Přívozu k ekonomické fakultě často brání v průjezdu vozidlům, která jedou ve směru od Přívozu na ul. Bohumínskou, tedy do řadícího pruhu vlevo.

Úprava je zaměřena na úpravu řazení středního pruhu, který směřuje rovně. Po úpravě bude řazení pro střední a pravý řadící pruh společné a nově samostatné pro levý řadící pruh. Od tohoto řešení lze očekávat větší propustnost ve směru na ul. Bohumínskou. Pro úpravu bude třeba odstranění 2 x 29 m čáry V2b – 3/1,5 m a její nové aplikování na silnici tak, aby pruh pro odbočování vlevo byl samostatný. Výkres úprav viz příloha 13 – výkres 3.

7.3 Návrh řešení – varianta 3:

Tato varianta se zabývá řešením problematického úseku. Jedná se o úpravu vodorovného dopravního značení. Je to varianta velice levná, rychlá a obejde se bez stavebních úprav. Z videozáznamu jsem vypožadoval, že vozidla jedoucí rovně ve směru od Přívozu k ekonomické fakultě často brání v průjezdu vozidlům, která jedou ve směru od Přívozu na ul. Bohumínskou, tedy do řadícího pruhu vlevo.

Úprava je zaměřena na úpravu značení středního a pravého pruhu. Po úpravě bude směr pro střední pruh odbočení vlevo. Pravý řadící pruh bude nově společný pro odbočení vpravo a jízdu rovně. Od tohoto řešení lze očekávat větší propustnost ve směru na ul. Bohumínskou. Pro úpravu bude třeba odstranění 10 ks šípek V9a a jejich nové aplikování. Výkres úprav viz příloha 13 – výkres 4.

8. Zhodnocení a závěr

8.1 Zhodnocení návrhu řešení – varianta 1:

Tato varianta, která je zaměřena na úpravu křižovatky Sokolská třída x 30. dubna a na úsek mezi touto křižovatkou až po křižovátku Českobratrská x Sokolská třída. Z pohledu ekonomického je to varianta nákladná a také náročnější na dobu provedení, než varianta návrhu č. 2 a návrhu č. 3. Z pohledu bezpečnosti, i když oproti původní okružní křižovatce přibudou kolizní body, je vhodná. Provoz je řízen pomocí SSZ.

8.2 Zhodnocení návrhu řešení – varianta 2:

Jak již bylo uvedeno v podkapitole 7.2, tak se jedná o jednoduchou, rychlou a cenově nenáročnou variantu, která se zabývá problematickým úsekem mezi křižovatkami Sokolská třída x 30. dubna a Českobratrská x Sokolská třída. Tato úprava by měla zajistit bezkolizní řazení před křižovatkou a to by mohlo zamezit agresivnímu najíždění řidičů a předcházet konfliktním situacím vznikajícím na tomto místě. Z tohoto hlediska by měla být přínosnou.

8.3 Zhodnocení návrhu řešení – varianta 3:

Jak již bylo uvedeno v podkapitole 7.3, tak se jedná o jednoduchou, rychlou a cenově nenáročnou variantu, která se zabývá problematickým úsekem mezi křižovatkami Sokolská třída x 30. dubna a Českobratrská x Sokolská třída. Tato úprava by měla zajistit bezkolizní řazení před křižovatkou a to by mohlo zamezit agresivnímu najíždění řidičů a předcházet konfliktním situacím vznikajícím na tomto místě. Z tohoto hlediska by měla být přínosnou.

8.4 Závěr

Cílem mé bakalářské práce byl návrh úprav řešeného problematického úseku mezi zvolenými křižovatkami Sokolská třída x 30. dubna a Českobratrská x Sokolská třída. Ten má vést především ke zvýšení plynulosti dopravy a k zajištění bezpečnosti provozu. K dosažení tohoto cíle byla zapotřebí různá měření a pozorování oblasti, díky nimž jsem se seznámil s její charakteristikou a nasbíral všechny potřebné materiály pro efektivní vypracování vhodných úprav řešení organizace a řízení provozu. Důležitou roli zde hraje použití simulačního programu PTV VISSIM.

Současný stav okružní křižovatky ještě vyhovuje kapacitně, ale její nepříznivá poloha vzhledem ke křižovatce Českobratrská x Sokolská třída ji velice nepříznivě ovlivňuje. Jejich vzájemná osová vzdálenost je přibližně 143 m. Dochází zde k častým kongescím a ke vzduť vozidel v řadících pruzích, což zapříčiňuje zablokování celé okružní křižovatky, kdy kolona často zasahuje přímo do okružního pásu a znemožňuje provoz na ní. Blokuje i jeden vjezd a to z ulice 30. dubna.

Byly navrženy 3 varianty řešení, kdy varianta 1 je řešením na přestavbu stávající okružní křižovatky Sokolská třída x 30. dubna. Přestavba byla zaměřena na zrušení stávající okružní křižovatky a místo ní byla navržena nová průsečná křižovatka osazená světelnou signalizací. Pomocí simulací v softwaru PTV VISSIM, proběhla simulace koordinace se světelnou křižovatkou ul. Českobratrská x Sokolská třída. Díky tomuto návrhu došlo k plynulejšímu provozu a k celkovému zvýšení bezpečnosti, než tomu bylo doposud.

Počátek rekonstrukce byl spojen se stavebními úpravami a s odstraněním středního ostrova, prstence a vybouráním dělicích ostrůvků ve směru od EkF a ve směru na Přívoz. Plocha prováděných úprav byla cca 1300 m². Navržené SSZ na této křižovatce se skládá z řadiče, 7 sloupů světelné signalizace s výložníky, návěstidly. Průběžné jízdní pruhy dosáhly změn. Ve směru od Přívozu do centra se z jednoho jízdního pruhu staly jízdní pruhy dva, pro jízdu (vlevo + rovně, vpravo + rovně). Ve směru od centra do Přívozu se před křižovatkou jízdní pruh také změnil na dva a to pro jízdu (vlevo, vpravo + rovně). Dále pak se řešila problematika přechodů pro chodce a umístily se blíže ke středu křižovatky a zároveň byla zmenšena jejich šířka. Výkres v příloze 13 – výkres 2.

Zbývající dvě řešené varianty byly úpravou vodorovného dopravního značení. Jsou to varianty velice levné, rychlé a obešly se bez stavebních úprav. Výkresy v příloze 13 – výkres 3 a 4.

Nejpříznivějším variantou ke zvýšení plynulosti dopravy zjištěným pomocí simulací v programu PTV VISSIM je vybudování průsečné světelně řízené křižovatky místo okružní křižovatky Sokolská třída x 30. dubna a její co nejlepší koordinace se světelně řízenou křižovatkou Českobratrská x Sokolská třída.

Poděkování:

Děkuji vedoucímu práce Ing. Vladislavu Křivdovi, Ph.D., za odborné vedení a poskytnutí cenných rad a informací při zpracování mé bakalářské práce a Ostravským komunikacím a.s. za poskytnuté materiály.

9. Seznam použité literatury

- [1] KŘIVDA, V. Základy organizace a řízení silniční dopravy. Ostrava: VŠB – TU, 2006. 170 s. ISBN 80-248-1253-3.
- [2] KŘIVDA, V. Organizace a řízení dopravy II. Ostrava: VŠB – TU, 2009. 154 s. ISBN 978-80-248-2123-8.
- [3] TECHNICKÉ PODMÍNKY TP 135 – Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích. Ostrava: V – projekt s.r.o., Ministerstvo dopravy ČR, 2005
- [4] TECHNICKÉ PODMÍNKY TP 81 – Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu. Brno: CDV, Ministerstvo dopravy ČR, 1996
- [5] KŘIVDA, V., FOLPRECHT, J. Organizace a řízení dopravy I. Ostrava: VŠB – TU, 2006. 158 s. ISBN 80-248-1030-1.
- [6] ZÁKON Č. 361/2000 Sb., O provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
- [7] PTV VISSION – VISSIM 5.20 USER MANUAL, 2010, 680 s.
- [8] KŘIVDA, V. – Videoanalýza konfliktních situací 2010

10. Seznam obrázků

- Obrázek č. 1: Mapa úseku ulice 17. listopadu a ulice Kosmonautů
- Obrázek č. 2: Mapa úseku ulice Dělnické x U skleníků
- Obrázek č. 3: Mapa úseku ulice Tř. kosmonautů x Vejdovského
- Obrázek č. 4: Mapa úseku ulice Jaselská x Žižkova
- Obrázek č. 5: Mapa úseku ulice 17. listopadu x Bedřicha Nikodéma
- Obrázek č. 6: Mapa Praha - Chodov
- Obrázek č. 7a: Řešený úsek Sokolská třída mezi ulicí 30. dubna a Českobratrskou
- Obrázek č. 7b: Detail řešeného úseku Sokolská tř. mezi ulicí 30. dubna a Českobratrskou
- Obrázek č. 8: Kolizní body okružní křižovatky
- Obrázek č. 9: Pentlogram křižovatky 30. Dubna x Sokolská třída
- Obrázek č. 10: Kartogram křižovatky 30. Dubna x Sokolská třída
- Obrázek č. 11: Graf intenzity dopravy v křižovatce 30. Dubna x Sokolská třída ve špičkové hodině
- Obrázek č. 12: Kartogram křižovatky Českobratrská x Sokolská třída
- Obrázek č. 13: Mapa řešeného úseku Sokolská tř. mezi ulicí 30. dubna a Českobratrskou
- Obrázek č. 14: Okružní křižovatka 30. Dubna x Sokolská třída (stávající stav)
- Obrázek č. 15: Křižovatka Českobratrská x Sokolská třída (stávající stav)
- Obrázek č. 16: Složení symbolu Folprechtovy metody [8]
- Obrázek č. 17: Konfliktní situace celkem
- Obrázek č. 18: Schéma konfliktní situace $(4)f_p2$
- Obrázek č. 19: Schéma konfliktní situace $(6)f_K2$
- Obrázek č. 20: Schéma konfliktní situace $6a2$
- Obrázek č. 21: Schéma konfliktní situace $6z2, 6zv2$
- Obrázek č. 22: Schéma konfliktní situace $6řa2$
- Obrázek č. 23: Konfliktní situace celkem
- Obrázek č. 24: Schéma konfliktní situace $(4)f_p2$
- Obrázek č. 25: Schéma konfliktní situace $(6)f_K2$
- Obrázek č. 26: Schéma konfliktní situace $6a2$
- Obrázek č. 27a: Schéma simulace v programu PTV VISSIM
- Obrázek č. 27b: Schéma 3D simulace v programu PTV VISSIM
- Obrázek č. 28: Signální plán

11. Seznam tabulek

Tab. č. 1: Doporučené přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu dle TP 188

Tab. č. 2: Intenzity dopravy ve špičkovou hodinu v křižovatce 30. Dubna x Sokolská třída

Tab. č. 3: Koeficienty A, B pro výpočet kapacity vjezdu [5]

Tab. č. 4: Největší intenzity vozidel

Tab. č. 5 četnost KS, u kterých obecně neurčujeme ukazatel relativní konfliktnosti k_R

Tab. č. 6: četnosti nevlastních (X) konfliktních situací a jejich ukazatel relativní konfliktnosti k_R

Tab. č. 7: četnosti vlastních (O) konfliktních situací a jejich ukazatel relativní konfliktnosti k_R

Tab. č. 8: celkový ukazatel relativní konfliktnosti k_R

Tab. č. 9: Normované hodnoty používané v metodě spotřeby času

Tab. č. 10: Tabulka mezičasů pro dvoufázové řízení – fáze 1 do 2

Tab. č. 11: Tabulka mezičasů pro dvoufázové řízení – fáze 2 do 1

Tab. č. 12: Tabulka výpočtu SSZ pomocí Excelu

12. Seznam příloh

Příloha č. 1: Fotografie řešené oblasti

Příloha č. 2: Tabulky dopravních průzkumů – okružní křižovatka

Příloha č. 3: Tabulky dopravních průzkumů – světelně řízená křižovatka

Příloha č. 4: Tabulky rozborů konfliktních situací a příslušné grafy – okružní křižovatka

Příloha č. 5: Tabulky rozborů konfliktních situací a příslušné grafy – světelně řízená křižovatka

Příloha č. 6: Zkratky, symboly a vysvětlivky ke konfliktním situacím

Příloha č. 7: Schémata konfliktních situací – okružní křižovatka

Příloha č. 8: Schémata konfliktních situací – světelně řízená křižovatka

Příloha č. 9: Simulace v programu PTV VISSIM

Příloha č. 10: Koeficienty faktorů omezení k metodě spotřeby času

Příloha č. 11: Tabulky mezičasu

Příloha č. 12: Trajektorie a kolizní směry vozidel

Příloha č. 13: Výkres 1 - Stávající stav

Výkres 2 - varianta č. 1

Výkres 3 - varianta č. 2

Výkres 4 - varianta č. 3